



TUGAS AKHIR - RE 141581

## **PEMISAHAN PADATAN LUMPUR TINJA PADA UNIT *SOLID SEPARATION CHAMBER* (SSC)**

DWI WULANDARI  
0321144000072

Dosen Pembimbing  
Welly Herumurti, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**TUGAS AKHIR - RE 141581**

## **PEMISAHAN PADATAN LUMPUR TINJA PADA UNIT *SOLID SEPARATION CHAMBER* (SSC)**

DWI WULANDARI  
03211440000072

Dosen Pembimbing  
Welly Herumurti, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

**\*Halaman sengaja dikosongkan\***



FINAL PROJECT - RE 141581

## **SOLID SEPARATION OF FAECAL SLUDGE IN SOLID SEPARATION CHAMBER (SSC) UNIT**

DWI WULANDARI  
03211440000072

SUPERVISOR  
Welly Herumurti, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Environmental, and Geophysics Engineering  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

**\*Halaman sengaja dikosongkan\***

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PEMISAHAN PADATAN LUMPUR TINJA PADA UNIT SOLID  
SEPARATION CHAMBER (SSC)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memenuhi Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DWI WULANDARI**

NRP. 03211440000072

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Welly Herumurti, S.T., M.Sc

NIP. 19811223 200604 1 001



**\*Halaman ini sengaja dikosongkan\***



## **PEMISAHAN PADATAN PADA LUMPUR TINJA UNIT *SOLID SEPARATION CHAMBER* (SSC)**

Nama Mahasiswa : Dwi Wulandari  
NRP : 03211440000072  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Welly Herumurti, ST., M.Sc

### **ABSTRAK**

Lumpur tinja merupakan sumber pencemar yang mengandung padatan, material organik dan mikroorganisme patogen. Lumpur tinja memiliki karakteristik umum seperti TSS 4.000-100.000 mg/L, COD 20.000-50.000 mg/L, BOD<sub>5</sub> 6.000-7.600 mg/L, dan *total coliforms*  $10^5$ - $10^{10}$  CFU/100 mL. Kandungan beban organik pada lumpur tinja yang besar dapat mencemari air tanah. Tangki septik kedap air merupakan salah satu solusi yang digunakan oleh masyarakat dalam pengolahan lumpur tinja. Tangki septik mengendapkan padatan dan mendegradasi lumpur tinja secara anaerobik. Karakteristik lumpur tinja hasil degradasi tangki septik umumnya mengandung TSS 6.000-17.500 mg/L, BOD<sub>5</sub> 840-2600 mg/L, dan COD 1.200-7.800 mg/L, dan *total coliforms*  $6,3 \times 10^4$ - $6,6 \times 10^5$  CFU/100 mL. Hasil pengurasan tangki septik diolah lebih lanjut di IPLT. Pengolahan lumpur tinja di IPLT dilakukan secara fisik dan biologis. Pengolahan fisik yang digunakan yaitu *Solid Separation Chamber* (SSC) yang memisahkan padatan dan cairan. Unit SSC mampu menyisahkan bahan organik dan mikroorganisme patogen melalui proses pengendapan, filtrasi, dekantasi, dan *evaporasi*. Lama waktu pengeringan lumpur pada unit SSC belum terdapat SOP yang jelas, sehingga waktu pengurasan belum dapat ditentukan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan penyisihan TS, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, dan *total*

*coliforms* pada unit SSC dan menentukan korelasi *total solids* dan ketebalan lumpur tinja terhadap penyisihan tersebut.

Sampel lumpur tinja diambil dari truk tinja yang membongkar muatan di unit SSC IPLT Keputih. Penelitian dilakukan secara batch dengan kapasitas reaktor 16 L, 24 L, dan 32 L. Reaktor dilengkapi dengan *underdrain* berupa pipa berukuran 1/2 inchi untuk menyalurkan hasil filtrasi keluar. Penelitian diawali dengan tahap analisis waktu pengendapan lumpur dan ukuran media pasir yang efektif. Pada penelitian utama digunakan variasi *total solids* dan ketebalan lumpur tinja. Variasi *total solids* yang digunakan adalah 10 g/L, 20 g/L, dan 30 g/L, sedangkan ketebalan lumpur tinja adalah 20 cm, 30 cm, dan 40 cm. Setiap reaktor dengan variabel yang telah ditentukan dilakukan pada kondisi reaktor dengan atap penutup. Penelitian berlangsung selama 30 hari dengan pengukuran temperatur dan intensitas cahaya setiap harinya. Penelitian dilakukan secara duplo dengan parameter yang digunakan adalah TS, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, dan *total coliforms*. Analisis TS dan TSS setiap hari, COD 2 hari sekali, dan BOD<sub>5</sub>, serta *total coliforms* dilakukan diawal dan diakhir dari penelitian.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebesar 66,4% lumpur yang masuk setiap reaktor akan keluar melalui filtrat dengan penyisihan optimum pada unit SSC sebesar 97,87% untuk TSS; 99,88% COD; 97,3% TS; 99,71%; BOD<sub>5</sub> 97,84% Amonium; dan 95% *Total coliforms*. Konsentrasi *Total solids* mempengaruhi penyisihan TS filtrat, sedangkan ketebalan lumpur mempengaruhi penyisihan polutan TS, TSS, dan COD pada filtrat.

**Kata Kunci : Filtrasi, Lumpur Tinja, Media Pasir, SSC, *Total solids***

## **SOLID SEPARATION FAECAL SLUDGE PROCESS IN SOLID SEPARATION CHAMBER (SSC) UNIT**

Student Name : Dwi Wulandari  
NRP : 03211440000072  
Departement : Teknik Lingkungan  
Supervisor : Welly Herumurti, ST., M.Sc

### **ABSTRACT**

Faecal sludge is a source of pollutant that contains solid, organic material, and pathogen microorganism. Faecal sludge has common characteristic such as TSS 4.000-100.000 mg/L, COD 20.000-50.000 mg/L, BOD<sub>5</sub> 6.000-7.600 mg/L, and *total coliforms* 10<sup>5</sup>-10<sup>10</sup> CFU/100 mL. The biggest amount of organic loading content in faecal sludge might be able to pollute the ground. Therefore waterproof septic tank is one of the solution used in faecal sludge treatment. Septic tank can settleable solid and degrades faecal sludge through anaerobic process. Common characteristic of faecal sludge from septic tank degradation result is TSS 6.000-17.500 mg/L, BOD<sub>5</sub> 840-2600 mg/L, COD 1.200-7.800 mg/L, and *total coliforms* 6,3 x 10<sup>4</sup>-6,6 x 10<sup>5</sup> CFU/100 mL. Drain result of septic tank is treated further in IPLT. Faecal sludge treatment in IPLT is done through physical and biological process. Physical treatment used Solid Separation Chamber (SSC) which separates solid from the faecal sludge. SSC unit is able to remove organic material and pathogen microorganism through settlement, filtration, decantation, and evaporation process. There is no clear SOP regarding sludge drying duration in SSC unit, resulting in inability to determine draining time. The purpose of this study is to determine the removal of TS, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD,

and *total coliforms* in SSC unit and to determine the correlation of *total solids* and faecal sludge thickness to the removal.

Faecal sludge sample is taken from vacuum trucks which unload in SSC unit of IPLT Keputih. Study is done using batch process with reactor capacity of 16 L, 24 L, and 32 L. Reactor is equipped with ½ inch pipe underdrain to filtration effluent out. Study will start with analysis of effective sludge settlement time and sand media size. Main study uses variation of *total solids* and sludge thickness. *Total solids* variations used are 10 g/L, 20 g/L, and 30 g/L, while sludge thickness variations used are 20 cm, 30 cm, and 40 cm. Every reactor with certain variable is processed with upper lid. This study takes 30 days with measurement of temperature and light intensity taken every day. Study is done with duplo principle with following parameters: TS, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, and *total coliforms*. TS and TSS analysis is done every day, COD is every other day, and BOD<sub>5</sub> and *total coliforms* is done at the beginning and end of the study.

The result of the study shows that 66,4% water content will be removed during filtration process with optimum removal 97,87% TSS; 99,88% COD; 97,3% TS; 99,71% BOD<sub>5</sub>; 97,84% Amonium, and 95% *Total coliforms*. Consentration of *Total solids* can effect removal TS filtrat meanwhile thickness of sludge can effect removal TS, TSS, and COD filtrat.

**Keyword : Filtration, Faecal sludge Sludge, Sand Media, SSC, *Total solids***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pemisahan Padatan pada Lumpur Tinja Unit *Solid Separation Chamber* (SSC)”.

Atas bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini, saya menyampaikan terima kasih kepada,

1. Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan.
2. Ibu Dr. Ir. Ellina S. Pandebesie, MT., Ir. Bapak Bowo Djoko Marsono, M,Sc., Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD selaku dosen pengarah tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya.
3. Bapak Pengelola dan semua petugas di IPLT Keputih serta Bapak dan Ibu Laporan Departemen Teknik Lingkungan dan Departemen Teknik Sipil yang sudah memberikan izin serta membantu proses penelitian.
4. Teman-teman angkatan 2014 dan teman-teman SMP/SMA yang selalu memberikan semangat dan siap membantu saya.

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran agar penulisan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, April 2018

Penulis





**\*Halaman ini sengaja dikosongkan\***



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Ruang Lingkup .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Karakteristik Lumpur Tinja .....	7
2.2 Pengolahan Fisik Lumpur Tinja.....	8
2.2.1 Pengendapan Secara Gravitasi .....	9
2.2.2 Filtrasi .....	10
2.2.3 Evaporasi.....	13
2.3 Pengendapan Tipe III dan IV .....	14
2.4 <i>Solid Separation Chamber</i> (SSC) .....	16
2.4.1 Cara Kerja Unit SSC .....	17
2.4.2 Proses yang terjadi pada unit SSC .....	18
2.5 Faktor yang mempengaruhi kerja SSC .....	21
2.5.1 Tipe Lumpur Tinja .....	21
2.5.2 Proses Pengeringan .....	21

2.6 Penelitian Terdahulu .....	23
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>27</b>
3.1 Tahap-tahap Penelitian .....	27
3.2 Ide Penelitian .....	30
3.3 Studi Literatur .....	31
3.4 Persiapan Alat dan Bahan .....	31
3.5 Analisis Karakteristik Awal .....	32
3.6 Pembuatan Reaktor .....	34
3.7 Penelitian Utama .....	35
3.8 Metode Analisis Data .....	38
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1 Analisis Karakteristik Awal .....	41
4.2 Proses pada Unit SSC .....	42
4.2.1 Volume Filtrat yang Terbentuk.....	42
4.2.2 Hasil Pengurangan Ketebalan Lumpur .....	46
4.3 Hasil Penyisihan Bahan Organik, Padatan, Amonium, dan <i>Total coliforms</i> di Unit SSC .....	47
4.3.1 Hasil Penyisihan TS.....	47
4.3.2 Hasil Penyisihan TSS.....	49
4.3.3 Hasil Penyisihan COD .....	52
4.3.4 Hasil Penyisihan BOD <sub>5</sub> .....	54
4.3.5 Hasil Penyisihan Amonium .....	55
4.3.6 Hasil Penyisihan <i>Total coliforms</i> .....	57
4.3.7 Hubungan Antar Parameter pada Unit SSC .....	58
4.3.8 Rasio TSS/TS, COD/TSS, dan BOD <sub>5</sub> /COD .....	59
4.4 Pengaruh Konsentrasi <i>Total solids</i> terhadap Penyisihan Polutan pada Unit SSC .....	61
4.5 Pengaruh Ketebalan Lumpur terhadap Penyisihan Polutan pada Unit SSC .....	66
4.6 Analisis <i>Cake</i> pada Unit SSC.....	71

4.6.1 Hasil Perubahan Suhu Ambien dan Lumpur .....	71
4.6.2 Hasil Perubahan Intensitas Cahaya.....	72
4.6.3 Hasil Penurunan Kadar Air Lumpur .....	74
4.6.4 Massa <i>Cake</i> .....	75
4.6.5 Hasil Analisis COD Lumpur .....	76
4.6.6 Massa Evaporasi .....	77
4.6.7 Hasil Analisis Amonium Lumpur.....	80
4.7 Keseimbangan Massa ( <i>Mass Balance</i> ) .....	81
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>89</b>
5.1 Kesimpulan .....	89
5.2 Saran .....	89
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN 1 Prosedur Analisis.....</b>	<b>97</b>
<b>LAMPIRAN 2 Hasil Perhitungan.....</b>	<b>107</b>
<b>LAMPIRAN 3 Dokumentasi Penelitian.....</b>	<b>117</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>119</b>

**\*Halaman ini sengaja dikosongkan\***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Aliran pada Media Filter .....	12
Gambar 2.2 Pengendapan secara batch menggunakan silinder	16
Gambar 2.3 Kurva pengendapan secara batch .....	16
Gambar 2.4 Tipe Sedimentasi.....	18
Gambar 2.5 Proses yang Mempengaruhi <i>Dewatering</i> .....	23
Gambar 3.1 Tahap Penelitian .....	30
Gambar 3.2 <i>Settleability Solid Test</i> .....	32
Gambar 3.3 Grafik Hasil <i>Settleability Solid Test</i> .....	33
Gambar 3.4 Reaktor yang Digunakan.....	34
Gambar 3.5 Reaktor Setelah Mengalami <i>Dewatering</i> .....	35
Gambar 3.6 Denah Susunan Reaktor .....	37
Gambar 3.7 Susunan Reaktor Tampak Depan .....	38
Gambar 4.1 Akumulasi Volume Filtrat yang Dihasilkan .....	44
Gambar 4.2 Pengukuran Ketebalan Lumpur Tiap Reaktor .....	47
Gambar 4.3 Akumulasi TS Setiap Reaktor .....	48
Gambar 4.4 Penyisihan TS Filtrat .....	49
Gambar 4.5 Akumulasi Massa TSS di Setiap Reaktor .....	50
Gambar 4.6 Penyisihan TSS Lumpur Melalui Filtrat .....	51
Gambar 4.7 Akumulasi Massa COD pada Filtrat .....	52
Gambar 4.8 Penyisihan COD Lumpur melalui Filtrat .....	53
Gambar 4.9 Hubungan Antar Parameter .....	58
Gambar 4.10 Rasio TSS/TS.....	59
Gambar 4.11 Rasio COD/TSS .....	60
Gambar 4.12 Rasio $BOD_5/COD$ .....	61
Gambar 4.13 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi TS .....	62
Gambar 4.14 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi COD .....	62
Gambar 4.15 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi TSS.....	63
Gambar 4.16 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi $BOD_5$ .....	64
Gambar 4.17 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi .....	65
Gambar 4.18 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi Amonium .....	65

Gambar 4.19 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap TS.....	66
Gambar 4.20 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap TSS .....	67
Gambar 4.21 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap COD .....	68
Gambar 4.22 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap BOD <sub>5</sub> .....	69
Gambar 4.23 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap <i>Total Coliforms</i> .....	69
Gambar 4.24 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap Amonium	70
Gambar 4.25 Hasil Pengukuran Suhu Lumpur .....	71
Gambar 4.26 Hasil Pengukuran Suhu Ambien Disekitar Reaktor .....	72
Gambar 4.27 Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya .....	73
Gambar 4.28 Hasil Penurunan Kadar Air .....	74
Gambar 4.29 Massa <i>Cake</i> Setiap Reaktor.....	76
Gambar 4.30 Hasil Analisis COD Lumpur .....	77
Gambar 4.31 Akumulasi Massa Evaporasi Setiap Reaktor .....	78
Gambar 4.32 Laju Evaporasi Per Hari.....	78
Gambar 4.33 Kadar Air yang Hilang Tiap Hari .....	79
Gambar 4.34 Perubahan Suhu Lumpur Tiap Hari.....	79
Gambar 4.35 Perubahan Intensitas Cahaya Tiap Hari .....	79
Gambar 4.36 Keseimbangan Massa Lumpur.....	82
Gambar 4.37 <i>Mass Balance</i> COD .....	83
Gambar 4.38 <i>Mass Balance</i> TS .....	84
Gambar 4.39 <i>Mass Balance</i> TSS .....	85
Gambar 4.40 <i>Mass Balance</i> BOD <sub>5</sub> .....	86
Gambar 4.41 <i>Mass Balance</i> Amonium.....	87

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Lumpur Tinja.....	8
Tabel 2.2 Kriteria Desain Unit SSC .....	17
Tabel 2.3 Daftar Penelitian Terdahulu.....	23
Tabel 3.1 Analisis Ayakan Pasir yang Telah Dilakukan .....	33
Tabel 3.2 Durasi pengambilan sampel.....	36
Tabel 3.3 Faktorial Penelitian.....	37
Tabel 3.4 Parameter dan Tujuan Analisis .....	38
Tabel 4.1 Hasil Analisis Karakteristik Awal .....	41
Tabel 4.2 Debit Filtrasi Tiap Reaktor.....	44
Tabel 4.3 Persentase Filtrat yang Dihasilkan.....	45
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran BOD <sub>5</sub> Filtrat Awal dan Akhir .....	55
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Amonium Filtrat Awal dan Akhir.....	56
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran <i>Total coliforms</i> Filtrat .....	57
Tabel 4.7 Konsentrasi Ammonia Lumpur .....	80

**\*Halaman ini sengaja dikosongkan\***



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) merupakan salah satu sistem pengolahan tinja di Indonesia. Indonesia telah memiliki 150 IPLT yang tersebar di seluruh kota. Pembangunan IPLT bertujuan untuk mengolah hasil pengurusan lumpur tinja sebelum dibuang ke lingkungan agar tidak menimbulkan masalah bagi kesehatan. IPLT dirancang hanya untuk lumpur tinja yang diangkut oleh truk tinja (Oktarina dan Haki, 2013) .

Lumpur tinja merupakan sumber pencemar yang terdiri atas padatan yang terlarut di dalam air yang sebagian besar mengandung organik. Lumpur tinja juga mengandung berbagai macam mikroorganisme patogen dengan konsentrasi 10-100 kali lebih besar dari air limbah (Kengne *et al.*, 2009; Hidayat dkk, 2017). Menurut Afolabi dan Sohail (2017), lumpur tinja memiliki karakteristik umum seperti TSS 4.000-100.000 mg/L, COD sebesar 20.000-50.000 mg/L, BOD<sub>5</sub> 6.000-7.600 mg/L, dan *total coliformss*  $10^5$  -  $10^{10}$  CFU/100 mL. Beban organik yang besar menyebabkan lumpur tinja dapat mencemari air tanah. Tangki septik kedap air merupakan salah satu solusi yang digunakan oleh masyarakat untuk mengolah lumpur tinja yang dihasilkan. Tangki septik mampu mengendapkan padatan dan menyisihkan bahan organik secara anaerobik dengan bantuan mikroorganisme. Kandungan lumpur tinja setelah didegradasi dalam tangki septik umumnya mengandung TSS 6.000-17.500 mg/L, BOD<sub>5</sub> 840-2600 mg/L, COD 1.200-7.800 mg/L, dan *total coliformss*  $6,3 \times 10^4$ - $6,6 \times 10^5$  CFU/100 mL (Kone dan Strauss, 2004). Tetapi, pengolahan ini belum efektif karena kandungan padatan, bahan organik, dan *total coliformss* masih tinggi yang dapat membahayakan bagi kesehatan (Rajasulochana dan

Preethy, 2016). Selain itu kapasitas tangki septik terbatas, idealnya setiap 2-5 tahun sekali harus dikuras dan dilakukan pengolahan lebih lanjut (Sudarmadji dan Hamdi, 2013). Lumpur dari tangki septik tersebut diangkut oleh truk tinja dan diolah lebih lanjut di IPLT.

Pengolahan lumpur tinja pada dasarnya adalah pengolahan secara fisik dan biologis. Pengolahan fisik merupakan pengolahan tahap awal dari IPLT. Salah satunya adalah Unit *Solid Separation Chamber* (SSC). SSC adalah unit pengolahan fisik yang memisahkan antara cairan dan padatan. Proses yang terjadi pada unit SSC adalah perpaduan antara sedimentasi, filtrasi, dekantasi, dan evaporasi (Jonrizal, 2001). Media filtrasi berasal dari pasir yang dilengkapi oleh kerikil sebagai media penyangga dan *underdrain* di bagian bawah untuk menyalurkan efluen berupa filtrat (cairan). Supernatan (campuran filtrat dan padatan) melewati pori-pori media filter secara gravitasi dan memisahkan antara padatan dan filtrat (Sacramento *et al.*, 2015). Padatan lumpur tinja (*cake*) tertinggal di atas media filter, sedangkan filtrat diolah lebih lanjut pada proses berikutnya. Media filter yang digunakan berpengaruh pada operasional dan efisiensi pengendapan (Lu *et al.*, 2016). Pada proses pemisahan ini secara langsung dapat mengurangi kadar *Total solids* (TS) dan *Total Suspended Solid* (TSS) (Jonrizal, 2001). Pemisahan padatan juga sebanding dengan pengurangan kadar organik dan nutrisi pada filtrat efluen dari proses filtrasi (Starina *et al.*, 2016).

Menurut Dian dan Herumurti (2016), durasi pengeringan lumpur tinja pada unit SSC belum terdapat SOP yang jelas, hal ini yang menyebabkan waktu pengurusan unit tersebut belum dapat ditentukan. Proses pengeringan dan stabilisasi lumpur sangat penting dalam proses pengolahan lumpur. Lumpur tinja yang stabil lebih mudah diendapkan dibandingkan lumpur yang baru. Kandungan padatan yang stabil dipengaruhi oleh umur lumpur, semakin lama umur lumpur maka kandungan padatan semakin stabil. Stabilisasi ditunjukkan oleh penguraian bahan organik

dengan proses anaerobik maupun aerobik (Uggetti *et al.*, 2010). Pengerinan mampu mengurangi volume lumpur dengan meningkatkan kadar TS dan pengurangan pada komponen organik volatil sebesar 51-65% (Hu *et al.*, 2017). Proses pengerinan lumpur tinja (*cake*) di atas media filter menggunakan sistem pengerinan alami dengan bantuan cahaya matahari. Cairan dapat berkurang dengan penguapan dan saringan filter. Ukuran, ketinggian media, dan kandungan padatan juga mempengaruhi waktu pengerinan dan rembesan cairan melalui media filter (Kuffour *et al.*, 2009). Media filter yang tersumbat dapat mengganggu proses pengerinan. Penyumbatan dipengaruhi oleh beban padatan dan hidrolik tinggi serta kemampuan pengerinan dari setiap lumpur tinja yang masuk tidak sama (Kengne *et al.*, 2009). Penyinaran secara langsung dapat mengurangi patogen terutama bakteri *coliform* yang sensitif dengan sinar UV. Efisiensi pengerinan dengan bantuan sinar matahari sebesar 40% untuk 12 hari dan 90% setelah 20 hari (Singh *et al.*, 2017). Efisiensi pengerinan dipengaruhi oleh kondisi iklim seperti suhu, radiasi matahari, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, dan curah hujan (Stefanakis dan Tsihrintzis, 2011). Kondisi iklim di Indonesia cenderung tidak merata sehingga pengerinan dapat berlangsung tidak menentu di setiap daerah.

Berdasarkan kriteria desain durasi pengerinan lumpur *cake* 5-12 hari, tebal lapisan pasir 20-30 cm, tebal lapisan kerikil 20-30 cm, ketinggian lumpur tinja di atas pasir (*cake*) 30-50 cm, dan kandungan padatan pada efluen *cake* SSC adalah 20% (Hermana, 2008). Sedangkan menurut (Cofie *et al.*, 2006) durasi pengerinan lumpur selama 15 hari, tebal lumpur (*cake*) di atas media filter 25-30 cm, tebal pasir 15-20 cm, tebal lapisan kerikil 25-30 cm, dan kandungan padatan pada efluen *cake*  $\geq 20\%$ . Oleh sebab itu, diperlukan perhitungan efisiensi penyisihan optimum TS dan TSS pada lumpur tinja maupun volume filtrat yang dihasilkan. Selain hal itu, diperlukan korelasi *total solids* dan

ketebalan lumpur dalam penyisihan TS, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, dan *total coliformss*. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan masukan berupa kriteria desain unit SSC yang memiliki efisiensi optimum kepada pihak IPLT.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut berikut, terdapat beberapa rumusan masalah yang mendasari penelitian ini, yaitu :

1. Berapa persentase volume filtrat yang dihasilkan pada unit SSC?
2. Berapa penyisihan optimum pada filtrat unit SSC?
3. Bagaimana pengaruh *total solidss* terhadap penyisihan polutan pada unit SSC?
4. Bagaimana pengaruh ketebalan lumpur terhadap penyisihan polutan pada unit SSC?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan persentase volume filtrat yang dihasilkan pada unit SSC
2. Menentukan penyisihan optimum pada filtrat unit SSC
3. Menentukan pengaruh *total solidss* terhadap penyisihan polutan pada unit SSC
4. Menentukan pengaruh ketebalan lumpur terhadap penyisihan polutan pada unit SSC

## **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup bertujuan untuk membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian berskala laboratorium

2. Reaktor dioperasikan dengan sistem *batch*
3. Sampel diambil dari truk tinja yang membuang lumpur tinja ke unit SSC IPLT Keputih, Surabaya.
4. Media yang digunakan adalah pasir Lumajang ukuran 0,2-0,6 mm dan kerikil sebagai media penyangga.
5. Variabel yang dipilih adalah variasi *total solids* dan ketebalan lumpur tinja.
6. Pengambilan sampel untuk analisis laboratorium dari filtrat, supernatan, scum, dan lumpur yang tertinggal di atas media pasir.
7. Parameter yang diukur adalah TS, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, *total coliform*ss, kadar air, suhu, dan intensitas cahaya.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah memberikan masukan berupa kriteria desain dari unit SSC yang memiliki efisiensi optimal kepada pihak IPLT.

**\*Halaman ini sengaja dikosongkan\***

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karakteristik Lumpur Tinja**

Lumpur tinja dalam sistem on-site terdiri atas campuran urin dan feses. Lumpur tinja biasanya berwarna coklat tetapi tergantung lama penyimpanannya. Kandungan air dalam lumpur tinja antara 63-86% w/w, sedangkan urin mengandung 93%- 96% w/w. Lumpur tinja memiliki pH berkisar 5 dan 9,3 yang dipengaruhi oleh serat dalam feses, urin, dan air. Komponen lumpur tinja terdiri dari 84-93% bahan organik dan sisanya berupa bahan anorganik. Bahan anorganik terdiri dari fosfat, kalsium, besi, dan sekresi organ internal. Komposisi bahan organik terdiri dari bakteri sekitar 10-30%, protein yang tidak tercerna 2-25% (50% berasal dari kematian bakteri), lemak yang tidak tercerna 2-15%, dan karbohidrat 10-30% (Afolabi and Sohail, 2017).

Pada umumnya, kotoran manusia yang dihasilkan di negara berkembang sebesar 130 – 520 g/orang.hari, sedangkan pada negara Eropa dan Amerika sebesar 100-200 g/orang.hari. Perbedaan jumlah kotoran manusia yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis kelamin, usia, pekerjaan, lokasi geografis , iklim, berat badan, asupan makanan, dan asupan air. Jumlah urin yang dihasilkan setiap orang berkisar antara 0,6-2,1 L/hari dan dipengaruhi oleh rata-rata konsumsi air, suhu, dan kelembaban. Di negara berkembang kotoran manusia diolah pada cubluk atau tangki septik. Komponen yang diolah oleh cubluk atau tangki septik adalah bahan organik berupa COD, nutrisi, dan patogen (bakteri, virus, dan parasit). Feses harus diolah untuk menghilangkan COD dan patogen sedangkan urin harus diolah untuk menghilangkan N dan P (Afolabi dan Sohail, 2017). Pengolahan lumpur tinja berdampak pada pengurangan volume

lumpur dan kandungan bahan organik (dapat menghindari bau dan penyebaran penyakit) (Mawioo *et al.*, 2017). Tabel 2.1 menunjukkan karakteristik lumpur tinja yang masuk ke unit pengolahan awal.

**Tabel 2.1 Karakteristik Lumpur Tinja**

No	Parameter	Satuan	Cubluk <sup>a</sup>	Tangki Septik <sup>a,b</sup>	Toilet Umum <sup>b</sup>
1.	<i>Total solidss, TS</i>	%	3-20	< 3	≥ 3,5
2.	<i>Total Volatile Solid, TVS</i>	(%TS)	45 - 60	45 - 73	70
3.	COD	mg/L	30.000 – 225.000	1200 – 7800 (Rata-rata : 10.000)	20.000 – 50.000 (Rata-rata : 30.000)
4.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	4000 - 5000	840 - 2600	7600
5.	NH <sub>3</sub> -N	mg /L	2000-9000	120-1200	2000-5000
6.	Bakteri <i>Coliform</i>	Cfu/100 mL	Nd	1 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
7.	Telur Cacing	-	30.000 - 40.000	600 – 6000 (rata-rata : 4000)	20.000 – 60. 000 (rata – rata : 25.000 )

Sumber :

a. (Semiyaga *et al.*, 2015)

b. (Katukiza *et al.*, 2012)

## 2.2 Pengolahan Fisik Lumpur Tinja

Pengolahan fisik adalah pengolahan yang digunakan untuk menghilangkan sampah atau benda padat yang terbawa oleh lumpur tinja. Menurut (Bassan *et al.*, 2014) macam-macam pengolahan fisik meliputi pengendapan secara gravitasi, filtrasi, dan evaporasi.



### 2.2.1 Pengendapan Secara Gravitasi

Pemisahan secara gravitasi adalah pemisahan cairan dan padatan pada lumpur tinja yang sering digunakan. Partikel yang lebih berat dari cairan akan mengendap berdasarkan ukuran partikel, konsentrasi padatan tersuspensi, dan flokulan. Pada umumnya digunakan tangki *settling-thickening* dan *grit chamber*.

Pemisahan secara gravitasi memiliki 4 tipe pengendapan yaitu partikel diskrit, flokulan, partikel tertahan, dan kompresi. Pengendapan partikel diskrit terjadi pada air limbah yang memiliki konsentrasi rendah dan partikel mampu mengendap tanpa bereaksi dengan partikel yang lain. Pengendapan flokulan terjadi saat partikel bergabung dengan partikel lain untuk meningkatkan massa dan kecepatan pengendapan. Gaya *Van der Waals* mampu mengikat partikel-partikel kecil menjadi flok besar yang mudah diendapkan. Pengendapan tertahan terjadi pada air limbah yang memiliki konsentrasi tinggi dimana partikel-partikel tersebut membentuk "*blanket*". Kompresi terjadi di dasar tangki pengendapan saat *sludge blanket* ditekan oleh padatan dari atas sehingga akan mengeluarkan cairan dari dalam *blanket*. Pengendapan yang terjadi pada unit SSC adalah pengendapan partikel tertahan dan kompresi. Pada saat lumpur tinja dimasukkan akan terjadi endapan tertahan dan saat stabil terjadi pengendapan kompresi (Bassan *et al.*, 2014)

Flotasi terjadi ketika padatan tersuspensi memiliki kerapatan yang sama atau lebih rendah daripada air seperti sel alga, lemak, dan minyak. Gelembung udara dapat menempel pada partikel dan jika memiliki kerapatan yang sama dengan air maka padatan tersuspensi tersebut dapat mengapung ke permukaan. Lapisan yang terbentuk di permukaan cairan disebut sebagai *scum*. Desain tangki pengendapan dan kolam stabilisasi lumpur tinja harus memperhatikan penanganan *scum* karena akan ada akumulasi yang signifikan dan mengganggu (Bassan

*et al.*, 2014). Pada unit SSC terjadi flotasi untuk padatan tersuspensi yang memiliki kerapatan lebih rendah dari supernatan, misalnya serat-serat dan biji-bijian yang terbawa dari tangki septik.

### **2.2.2 Filtrasi**

Filtrasi merupakan mekanisme yang umum diterapkan untuk pemisahan antara cairan dan padatan lumpur tinja. Filtrasi dapat digunakan pada pengolahan air limbah dan pengolahan lumpur. Namun, dalam pengolahan lumpur tinja yang sering digunakan adalah filter lambat yang dipengaruhi oleh mikroorganisme. Filtrasi menggunakan media filter untuk mengendapkan padatan di atas media sementara cairan merembes melalui pori-pori dan dikumpulkan pada saluran pembuangan. Filtrasi berjalan secara lambat dengan laju filtrasi sebesar 0,1-0,4 m/jam yang membutuhkan lebih sedikit operasi dan pemeliharaan daripada filtrasi cepat.

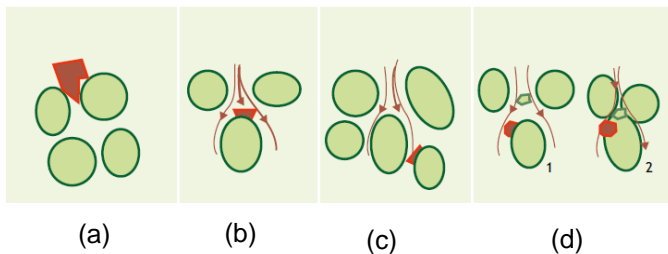
Ukuran media filter yang digunakan terdiri dari media kasar dan halus. Media kasar (misalnya : kerikil) memiliki banyak ruang pori dan memungkinkan lebih banyak terisi partikel. Media yang lebih halus memberikan ketahanan gesek yang lebih besar terhadap aliran cairan dan menghilangkan lebih banyak partikel. Lapisan media filter didesain dengan lapisan berlapis-lapis dari media pasir di bagian atas dan kerikil di bagian bawah. Pada bagian bawah lapisan kerikil terdapat saluran *underdrain* untuk mengalirkan filtrat keluar dari pori-pori media filter. Pasir dan kerikil yang digunakan harus dicuci terlebih dahulu untuk mencegah terjadinya tersumbatnya pori-pori media filter. Lapisan bawah media filter mengandung kerikil dengan diameter 20-40 mm dan lapisan antara mengandung kerikil lebih halus dengan diameter 5-15 mm. Media pasir di bagian atas memiliki diameter 0,1-0,5 mm untuk mengurangi resiko penyumbatan (Kuffour *et al.*, 2009). Saat terjadi pengurasan pasir perlu diganti dikarenakan

pasir terikat dengan lumpur sehingga akan ikut saat dibuang. Menurut Cofie *et al.* (2006), pasir harus diganti dua kali selama 10 bulan dalam proses *dewatering* untuk skala batch, sedangkan HPCIDBC (2011), memperkirakan periode penggantian pasir selama 3 tahun pada beban solid masuk 250 kg TS/m<sup>2</sup>/tahun, dengan ketebalan lumpur 20 cm dan periode pengeringan satu minggu. Kecepatan filtrasi didapatkan dari volume yang melewati media filter selama 1 jam dibagi dengan *surface area*. Kedalaman filter menentukan waktu hidrolik retensi (HRT), *headloss* pada cairan atau energi setiap per unit volume yang dibutuhkan untuk melewati media filter (Bassan *et al.*, 2014).

*Straining* adalah menempelnya partikel besar di media filter karena tidak dapat merembes melalui media. Proses ini terjadi jika bukaan lebih kecil dibandingkan dengan ukuran partikel. Proses ini terjadi pada lapisan media paling atas (untuk monomedia). Sedimentasi di atas media merupakan hasil dari pengendapan secara gravitasi. Mekanisme ini terjadi jika ukuran partikel tersuspensi lebih kecil dari bukaan pori. Partikel akan mengendap di bagian atas permukaan butiran media filter. Makin luas permukaan antara pori *bed filter*, makin luas pula partikel pengotor tertahan di permukaan butiran. Intersepsi terjadi ketika partikel bersinggungan dengan media dan akhirnya menempel akibat adanya aliran yang melewati celah pada media filter tersebut. Adhesi adalah gaya tarik menarik antara partikel suspensi dan permukaan butiran media (Bassan *et al.*, 2014).

Selama pengoperasian filter, ukuran pori yang efektif akan menjadi lebih kecil karena terisi oleh partikel dan pertumbuhan biofilm berkembang pada media. Fenomena ini yang disebut pematangan, dimana menghasilkan peningkatan efisiensi filter dengan retensi yang lebih besar daripada partikel yang berukuran kecil. Dengan filtrasi lambat, sebagian besar padatan akan tertahan di atas permukaan media. Hal ini menyebabkan meningkatnya proses penyumbatan pori sehingga cairan tidak dapat merembes masuk dan menghasilkan laju aliran

yang berkurang. Media filter (pasir dan kerikil) perlu dilakukan pencucian dan memastikan bahwa partikel tanah halus tidak mengakibatkan penyumbatan filter (Bassan *et al.*, 2014). Mekanisme aliran melalui media filter dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Mekanisme Aliran pada Media Filter**

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

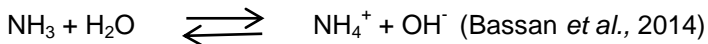
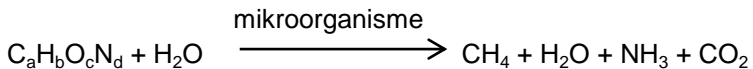
Keterangan :

- (a) Straining : Partikel besar akan tertahan pada media
- (b) Sedimentasi yang menempel pada butiran media
- (c) Intersepsi : partikel menempel pada media akibat aliran yang melaluinya
- (d) Adhesi : menempelnya partikel pada media akibat gaya tarik menarik

Selain mekanisme fisik, proses kimia dan biologi juga terjadi di dalam saringan. Proses kimia meliputi proses tarik menarik yang menghasilkan flokulan untuk menyaring wilayah permukaan. Pertumbuhan biologis terjadi di seluruh filter, namun lebih dominan di dekat permukaan, tergantung pada ketersediaan

oksigen, sumber karbon, dan unsur hara. Hal ini dapat mengurangi nutrisi dan BOD di dalam saringan (Panuvatvanich *et al.*, 2009).

Di dalam unit SSC akan terjadi akumulasi amonia ataupun amonium. Lumpur tinja mengandung zat-zat organik yang berbentuk molekul seperti protein dan karbohidrat. Molekul tersebut kemudian dipecah oleh mikroorganisme membentuk amonia terlarut (Bassan *et al.*, 2014). Keadaan *cake* yang masih mengandung kadar air membuat amonia membentuk keseimbangan dengan membentuk amonium. Berikut proses yang terjadi dalam keadaan anaerobik :



Proses yang terjadi di unit SSC dalam keadaan anaerobik dikarenakan sirkulasi udara terhalang oleh *cake* yang menutupi media filter. Hal ini yang menyebabkan kandungan amonia di dalam unit SSC semakin terakumulasi di dalam media maupun *cake*. Keberadaan zat anorganik amonium memberikan nutrisi bagi perkembangan mikroorganisme anaerobik di dalam lumpur salah satunya *total coliformss* yang hidup dalam keadaan anaerobik.

### 2.2.3 Evaporasi

Penguapan terjadi saat air dilepaskan sebagai uap ke udara. Mekanisme terjadi saat udara tidak jenuh (suhu tinggi). Energi yang dibutuhkan untuk penguapan berasal dari cahaya matahari. Penguapan dipengaruhi oleh iklim, panas, dan kelembaban udara. Menurut Musy dan Higgy (2004), permukaan dari area evaporasi juga mempengaruhi tingkat penguapan (misalnya air yang bebas dibandingkan dengan air yang terikat

pada lumpur). Parameter terjadinya penguapan optimal adalah kedalaman lumpur dan luas area pengeringan. Semakin besar massa suatu benda akan semakin banyak energi yang bisa disimpan, sehingga meningkatkan kebutuhan panas untuk penguapan. Kecepatan angin juga memiliki efek pada tingkat penguapan, karena meningkatkan pergantian udara jenuh dengan udara kering.

Penguapan mengakibatkan pengeringan atau dehidrasi yang dapat mengurangi patogen aktif seperti mikroorganisme yang butuh air dalam kelangsungan hidup. Air murni memiliki aktivitas air 1 dan sebagian besar patogen tidak dapat beraktivitas pada nilai air di bawah 0.9, tetapi beberapa telur bertahan hidup dalam kondisi kering (Carington, 2001). Oleh karena itu, semua teknologi *dewatering* berkontribusi dalam mengurangi patogen aktif jika kadar air turun di bawah titik tertentu. Faktor utama yang mempengaruhi *dewatering* dengan sistem tertutup (memiliki atap) adalah variasi panjang gelombang cahaya matahari, suhu udara, dan tingkat ventilasi (Segine dan Bux, 2005). Panjang gelombang sinar UV yang pendek menyebabkan berkurangnya kemampuan dalam menembus unit *dewatering* dengan atap, hal ini menyebabkan efisiensi pengurangan patogen sedikit berkurang terutama *total coliforms* yang sangat sensitif terhadap UV (Shanaha *et al.*, 2010).

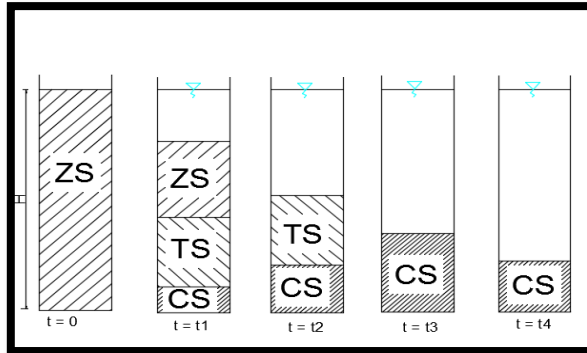
### **2.3 Pengendapan Tipe III dan IV**

Menurut Reynolds dan Richards (1996), pengendapan lumpur termasuk dalam pengendapan tipe III dan IV. Pengendapan tipe III atau yang disebut sebagai pengendapan tertahan adalah pengendapan partikel dimana partikel saling berdekatan dan terdapat gaya untuk menghalangi pengendapan pada partikel yang lain. Posisi partikel dalam pengendapan relatif tetap begitupun dengan kecepatannya yang konstan. Hasilnya, massa partikel mengendap sebagai zona. Pada bagian atas

pengendapan akan terdapat perbedaan muka padatan dan cairan antara massa partikel yang terendapkan dan cairan yang sudah terpisah dengan endapan. Contoh pengendapan tipe III adalah pengendapan yang terjadi pada clarifier di kedalaman intermediate untuk proses lumpur aktif.

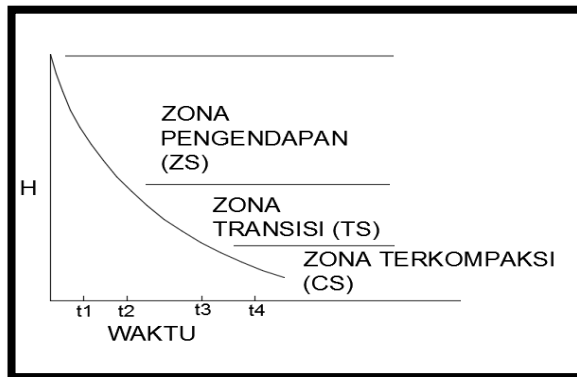
Pengendapan tipe IV atau pengendapan terkompaksi adalah pengendapan partikel yang memiliki konsentrasi yang tinggi dimana partikel saling bertabrakan dan pengendapan hanya dapat terjadi pada massa yang terkompaksi. Contoh pengendapan tipe IV adalah pengendapan yang terjadi pada dasar clarifier untuk proses lumpur aktif.

Pengendapan flokulen pada lumpur aktif dilakukan penelitian menggunakan silinder seperti Gambar 2.2. Pada mulanya,  $t = 0$  partikel akan mengendap (zs). Partikel akan mengendap dengan posisi yang relatif tetap. Konsentrasi partikel yang besar dapat mengganggu kecepatan dalam pengendapan partikel yang lain dan rata-rata pengendapan adalah fungsi dari konsentrasi solid. Pada waktu  $t = t_1$ , massa lumpur telah mengendap sampai terbentuk zona air di atas lumpur. Di bagian zona terhalang (*hindered settling*), konsentrasi partikel menjadi besar dan terjadi kontak fisik antar partikel. Hal ini yang disebut sebagai pengendapan transisi (TS) dari zona pengendapan untuk menjadi pengendapan terkompaksi (cs). Di bagian zona transisi adalah zona kompaksi, dimana semua partikel saling berkontak dan kompaksi telah dimulai. Pada  $t = t_2$ , zona pengendapan telah hilang dan semua partikel mengalami zona transisi atau pengendapan terkompaksi. Pada  $t = t_3$ , zona transisi hilang dan semua partikel dalam keadaan pengendapan terkompaksi, sedangkan pada  $t = t_4$ , telah terjadi pengendapan terkompaksi secara sempurna (Reynolds dan Richards, 1996). Gambar 2. 3. menunjukkan kurva tes pengendapan secara batch



**Gambar 2.2 Pengendapan secara batch menggunakan silinder**

Sumber : Reynolds dan Richards, 1996



**Gambar 2.3 Kurva pengendapan secara batch**

Sumber : Reynolds dan Richards, 1996

## 2.4 Solid Separation Chamber (SSC)

*Solid Separation Chamber* adalah unit pengolahan fisik yang digunakan untuk memisahkan cairan dan padatan dari lumpur tinja yang berasal dari tangki septik. Unit ini tidak hanya untuk memisahkan cairan padatan, melainkan juga mengeringkan



padatan yang tertinggal. Unit SSC disusun oleh media filter tipis yang berisi pasir dan kerikil yang dilengkapi dengan *underdrain* di bagian bawah. Kira-kira 50-80% volume lumpur dibuang sebagai cairan (*supernatan*) (Dian dan Herumurti, 2016). Setelah pengeringan berakhir, lumpur dikeluarkan secara manual atau mekanis (Singh *et al.*, 2017). Berikut Tabel 2.2 kriteria desain unit SSC dan denah serta potongan SSC pada Gambar 2.4 - 2.5 berikut ini.

**Tabel 2.2 Kriteria Desain Unit SSC**

Uraian	Nilai	Satuan
Tebal lapisan pasir	20-30	cm
Tebal lapisan kerikil	20-30	cm
Ketebalan lumpur di atas pasir	30-50	cm
Durasi pengeringan lumpur	5-12	hari
Kandungan solid pada effluen SSC	20% dari kandungan solid influen SSC	%

Sumber : Hermana, 2008

### 2.4.1 Cara Kerja Unit SSC

Menurut Dian dan Herumurti (2016), lumpur tinja yang berasal dari truk tinja dibuang ke SSC yang telah dipasang *bar screen* pada bagian awal unit. *Bar screen* bertujuan untuk menyaring partikel - partikel besar, yang mengapung pada lumpur tinja sebelum memasuki SSC. Selanjutnya, lumpur tinja mengalami proses penyaringan oleh pasir dan kerikil sehingga terjadi pemisahan padatan dan cairan. Padatan akan tertinggal di atas media pasir SSC. Filtrat (cairan yang melewati lapisan penyaring) akan masuk melalui pipa *underdrain* di dasar unit SSC menuju unit sumur pengumpul (*sump well*) dan *supernatan* (cairan yang tidak melewati lapisan penyaring, yaitu berada di atas padatan SSC) mengalir melalui pintu *gutter* menuju unit *Balancing Tank* secara gravitasi. Setelah beberapa hari, padatan

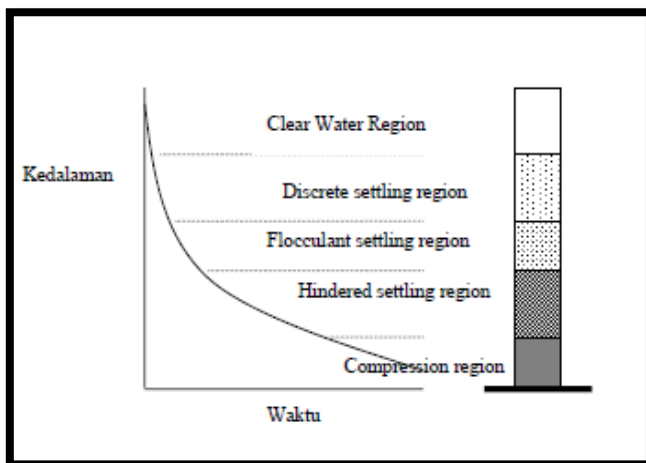
yang tertinggal (*cake*) di atas media pasir dikuras secara manual atau mekanik. Unit yang telah kosong dapat diisi kembali dan begitu seterusnya.

#### 2.4.2 Proses yang terjadi pada unit SSC

Menurut Jonrizal (2001), unit SSC memiliki 4 proses yang terjadi yaitu Sedimentasi, Filtrasi, Dekantasi, dan *Dewatering* (Pengeringan).

##### 1. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk menyisihkan *suspended solid*. Pada umumnya, sedimentasi digunakan pada pengolahan air minum, pengolahan air limbah, dan pada pengolahan air limbah tingkat lanjut. Pengolahan air limbah tingkat lanjut, sedimentasi ditujukan untuk penyisihan lumpur.



**Gambar 2.4 Tipe Sedimentasi**

Sumber : Masduqi dan Assomadi, 2008

Klasifikasi sedimentasi didasarkan pada konsentrasi partikel dan kemampuan untuk berinteraksi. Sedimentasi yang terjadi pada unit SSC adalah tipe III dan tipe IV. Sedimentasi tipe III adalah pengendapan partikel dengan konsentrasi yang lebih pekat, di mana antar partikel secara bersama-sama saling menahan pengendapan partikel lain di sekitarnya. Oleh sebab itu, pengendapan terjadi secara bersama-sama sebagai sebuah zona dengan kecepatan yang konstan. Pada bagian atas zona terdapat *interface* yang memisahkan antara massa partikel yang mengendap dengan air jernih. Sedimentasi tipe IV adalah kelanjutan dari sedimentasi tipe III, di mana terjadi pemampatan (*kompresi*) massa partikel hingga diperoleh konsentrasi lumpur yang tinggi (Masduqi dan Assomadi, 2008).

## 2. Filtrasi

Filtrasi adalah pemisahan fluida dan padatan oleh media filter (zeolit, karbon aktif, dan pasir) dengan cara melewatkan fluida melalui suatu penyaring yang dapat menahan zat padat. Hal yang paling penting dalam filtrasi adalah mengalirkan fluida melalui media berpori. Fluida akan disalurkan melalui *underdrain* menuju bak penampung. Fluida mengalir melalui media filter karena perbedaan tekanan pada media tersebut. Filtrasi dianggap mampu untuk mengurangi polutan fase terlarut dan partikulat sesuai dengan media yang digunakan (Fuerhacker *et al.*, 2011).

Mekanisme penempelan zat tersuspensi lumpur tinja pada media filter melalui proses *straining* jika ukuran zat lebih besar dibandingkan pori-pori media filter, sedangkan zat yang memiliki ukuran lebih kecil akan masuk melalui pori-pori dan menempel melalui beberapa cara seperti sedimentasi, adhesi, dan intersepsi.

### 3. Dekantasi

Menurut Jonrizal (2001), dekantasi atau *decanting* adalah proses pengambilan *supernatan*/cairan yang telah dipisahkan dari lumpurnya melalui proses sedimentasi. Pada proses sedimentasi, *suspended solids* akan mengendap di dasar bak membentuk lapisan lumpur, sementara cairan (*supernatan*) yang sudah berkurang kadar TSS nya akan berada di atas lapisan lumpur. Pengambilan *supernatan* ini dilakukan dengan mengalirkannya melalui pelimpah (*weir*). Proses dekantasi merupakan efek dari proses sedimentasi dan dipengaruhi oleh berkurangnya kapasitas dan kecepatan filtrasi pada media.

### 4. Dewatering/Pengeringan

*Dewatering* merupakan pemisahan padatan tersuspensi dan cairan yang terlarut. Proses pengeringan didukung oleh terjadinya pengendapan dan proses filtrasi. Lumpur yang telah mengandung solid 38%-45% setelah pengeringan dapat diklasifikasikan sebagai *cake* (Magri *et al.*, 2016). Menurut Angle dan Gharib (2017), pengeringan lumpur terjadi dalam 3 zona yaitu :

1. Diawali dengan pemisahan antara cairan dan tersuspensi
2. Pengendapan padatan dan proses evaporasi
3. Zona *cake*, di mana padatan akan dikompaksi dan cairan akan mengalir keluar melalui pori – pori media filter.

Menurut Jonrizal (2001), setelah unit SSC penuh dengan lumpur dan proses dekantasi sudah berhenti maka penambahan lumpur dihentikan dan dimulai proses pengeringan menggunakan sinar matahari.

## **2.5 Faktor yang mempengaruhi kerja SSC**

### **2.5.1 Tipe Lumpur Tinja**

Lumpur tinja dari tangki septik lebih sedikit dalam mengikat air dibandingkan dengan lumpur tinja baru. Bahan yang mengandung kadar air yang lebih sedikit lebih mudah untuk dikeringkan. Lumpur tinja yang berasal dari toilet umum lebih susah diendapkan karena belum terdegradasi, sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam pengeringan. Sebagai alternatif yaitu dengan mencampur lumpur yang lebih stabil (dari tangki septik) untuk mempercepat waktu pengendapan dan pengeringan (Kone *et al.*, 2007; Cofie *et al.*, 2006).

### **2.5.2 Proses Pengeringan**

Pengeringan lumpur menunjukkan pemisahan air dari lumpur yang dapat diukur sebagai konsentrasi *total solids*. Efisiensi pengeringan air limbah kecil hanya 35% (% air limbah saat basah) (Mahmoud *et al.*, 2011). Pengeringan menggunakan cahaya matahari menunjukkan bahwa konsumsi energi sebanding dengan jumlah air yang harus diuapkan.

Menurut Bassan *et al.* (2014), pengeringan dapat mengurangi jumlah bakteri patogen di dalam lumpur. Radiasi matahari/UV dikisaran 300-400 nm secara efektif mampu menginaktivasi patogen dengan mendenaturasi DNA melalui reaksi fotokimia. Cahaya UV telah terbukti efektif menonaktifkan *E.coli* di kolam stabilisasi limbah. Bahan organik yang tinggi dan kekeruhan dapat mencegah sinar UV untuk menembus lumpur tinja. Sinar matahari harus mampu menembus lumpur tinja agar proses menonaktifkan bakteri dapat berlangsung secara optimal.

Menurut (Cofie *et al.*, 2006), hal-hal yang mempengaruhi proses pengeringan adalah

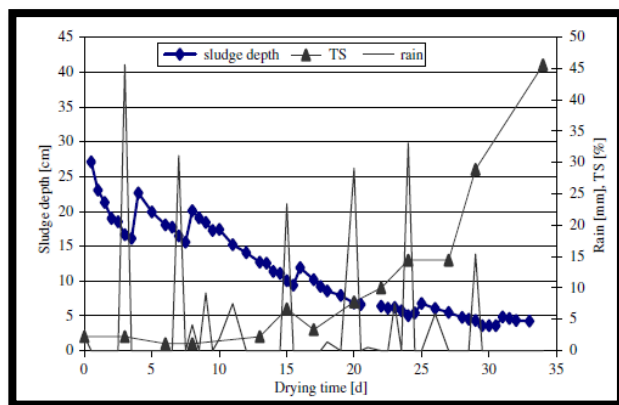
#### 1. Faktor Iklim

Menurut Dodane dan Ronteltap (2014), faktor iklim mempengaruhi proses pengeringan seperti kelembaban, suhu, dan musim

- Kelembaban  
Kelembaban yang tinggi dapat mengurangi atau memperlambat proses pengeringan.
- Suhu  
Suhu yang tinggi akan berkombinasi dengan kelembaban yang rendah, dan angin yang besar dalam peningkatan proses pengeringan melalui proses evaporasi.
- Musim  
Musim penghujan akan menghambat proses penguapan.
- Kualitas pasir  
Media filter memiliki peranan penting. Pasir dan kerikil merupakan media filter yang sering digunakan. Kualitas pasir yang kurang baik dapat menyebabkan partikel pasir hancur seiring berjalannya waktu dan menyumbat pori dari media tersebut. Hal ini dapat mengurangi laju filtrasi sehingga mengurangi tingkat *dewatering*.

#### 2. Stabilisasi lumpur tinja

Stabilisasi lumpur tinja dapat mempengaruhi pengeringan. Lumpur tinja yang tidak terstruktur akan susah untuk diendapkan dan *dewatering* akan berlangsung lebih lama. Berikut Gambar 2.9 pengaruh antara kedalaman lumpur tinja, efisiensi TS, dan curah hujan dalam proses pengeringan.



**Gambar 2.5 Proses yang Mempengaruhi *Dewatering***

Sumber : Cofie *et al.*, 2006

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang disajikan sebagai acuan penelitian adalah penelitian pada unit SSC ataupun pada unit sejenis yang memiliki prinsip sama dalam prosesnya yaitu filtrasi dan sedimentasi. Penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 2.3 berikut ini.

**Tabel 2.3 Daftar Penelitian Terdahulu**

No	Sampel	Unit pengolahan	Hasil Penelitian	Literatur
1.	Lumpur Tinja	SSC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi penghilangan TSS 97,94 - 98,33% untuk filtrat dan 80,25 - 94,71% untuk supernatan</li> <li>• Efisiensi penghilangan TSS pada supernatan :               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Jika <i>supernatan</i> melimpah dengan sendirinya melalui pelimpah adalah 93,65 -</li> </ol> </li> </ul>	(Jonrizal, 2001)

No	Sampel	Unit pengolahan	Hasil Penelitian	Literatur
			94,71 % b. Jika melimpah dengan membuka pintu pelepas <i>supernatan</i> 80,25 – 81,06%.	
2.	Lumpur Tinja	SDB	Penelitian ini memvariasikan ukuran diameter media. Kerikil kasar yang digunakan berukuran 2-3 cm dengan tebal 15 cm dan halus berukuran 0,5-1 cm dengan tebal 15 cm dan menggunakan pasir berukuran sedang dengan tebal 20 cm. Ukuran pasir dibedakan menjadi 3 bagian yaitu $F1 = \geq 0,1 - \leq 0,5 \text{ mm}$ ; $F2 = \geq 0,5 - \leq 1 \text{ mm}$ ; dan $F3 = \geq 1 - \leq 1,5 \text{ mm}$ . Besarnya penyisihan TS adalah 76,2% (F1), 74%(F2), dan 70,5% (F3); TSS sebesar 95,1 % (F1), 93,4% (F2), dan 88,9% (F3); dan COD sebesar 87,9 % (F1), 87,4% (F2), dan 85,3% (F3)	(Kuffour <i>et al.</i> , 2009)
3.	Lumpur Tinja	SDB	Penelitian ini menggunakan <i>sludge drying bed</i> dengan media pasir setebal 15 cm (diameter ukuran 0,2-0,6 mm) dan kerikil setebal 25 cm (diameter 10-19 mm). <i>Loading rate</i> lumpur antara 196-321 kg TS/m <sup>2</sup> .tahun. Kadar padatan (TS) dalam lumpur $\geq 20\%$ dengan rata-rata pengeringan selama 2 minggu. <i>Sludge drying bed</i> dapat menyisihkan 80% padatan dan 100% telur larva <i>helminth</i> .	(Cofie <i>et al.</i> , 2006)
4.	Lumpur Tinja	Wetland	Penelitian ini menggunakan <i>wetland</i> dengan aliran vertical dan vegetasi yang digunakan adalah <i>Echinochloa pyramidalis</i> . <i>Loading rate</i> yang	(Kengne <i>et al.</i> , 2009)



No	Sampel	Unit pengolahan	Hasil Penelitian	Literatur
			digunakan 100-200 kg TS/m <sup>2</sup> /tahun dengan rata-rata konten padatan ≥ 30%. Besarnya penyisihan polutan adalah 77% untuk NH <sub>4</sub> , 86% untuk TSS, 90% untuk TS, dan 90% untuk COD.	

**\*Halaman ini sengaja dikosongkan\***

## **BAB 3**

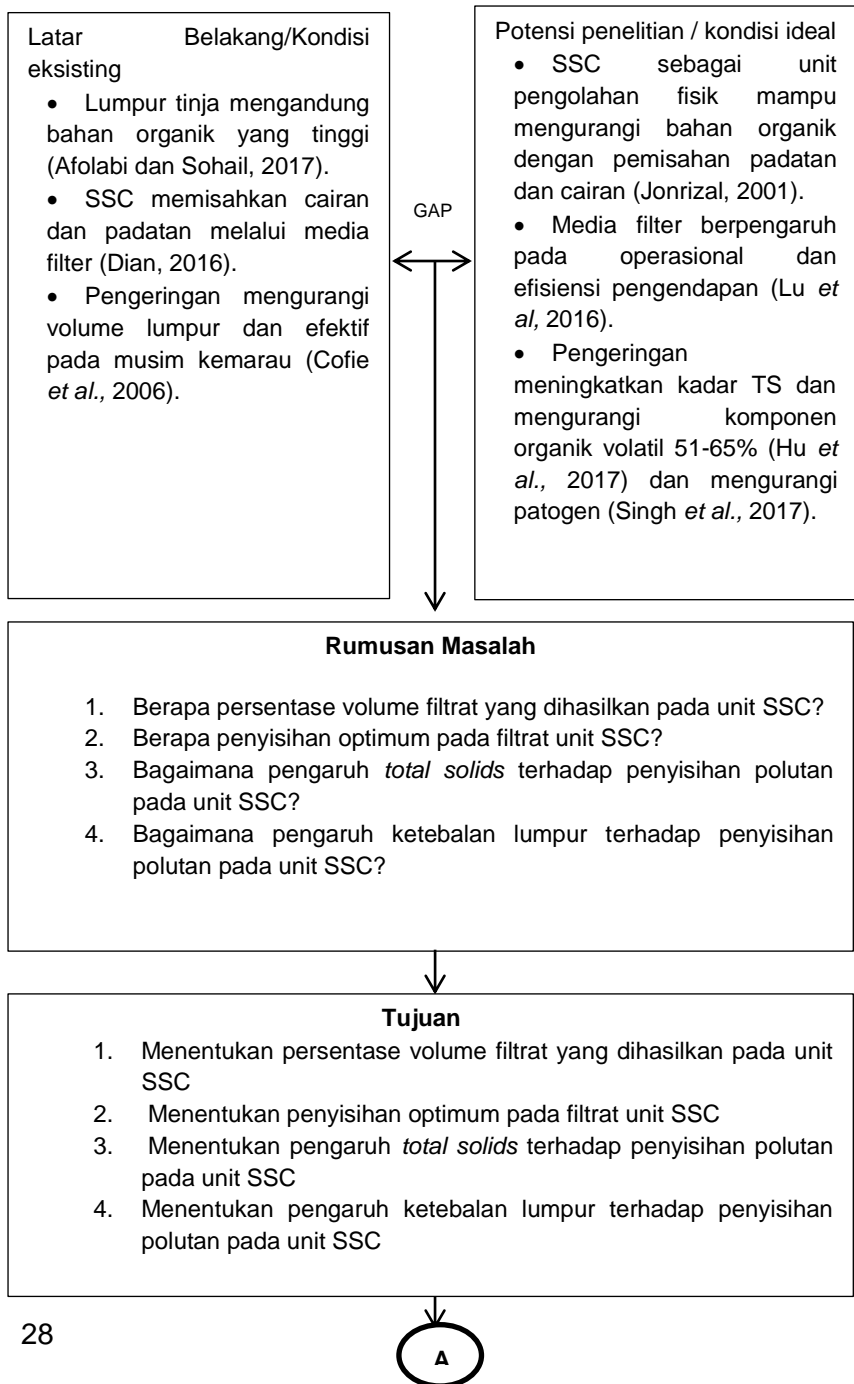
### **METODE PENELITIAN**

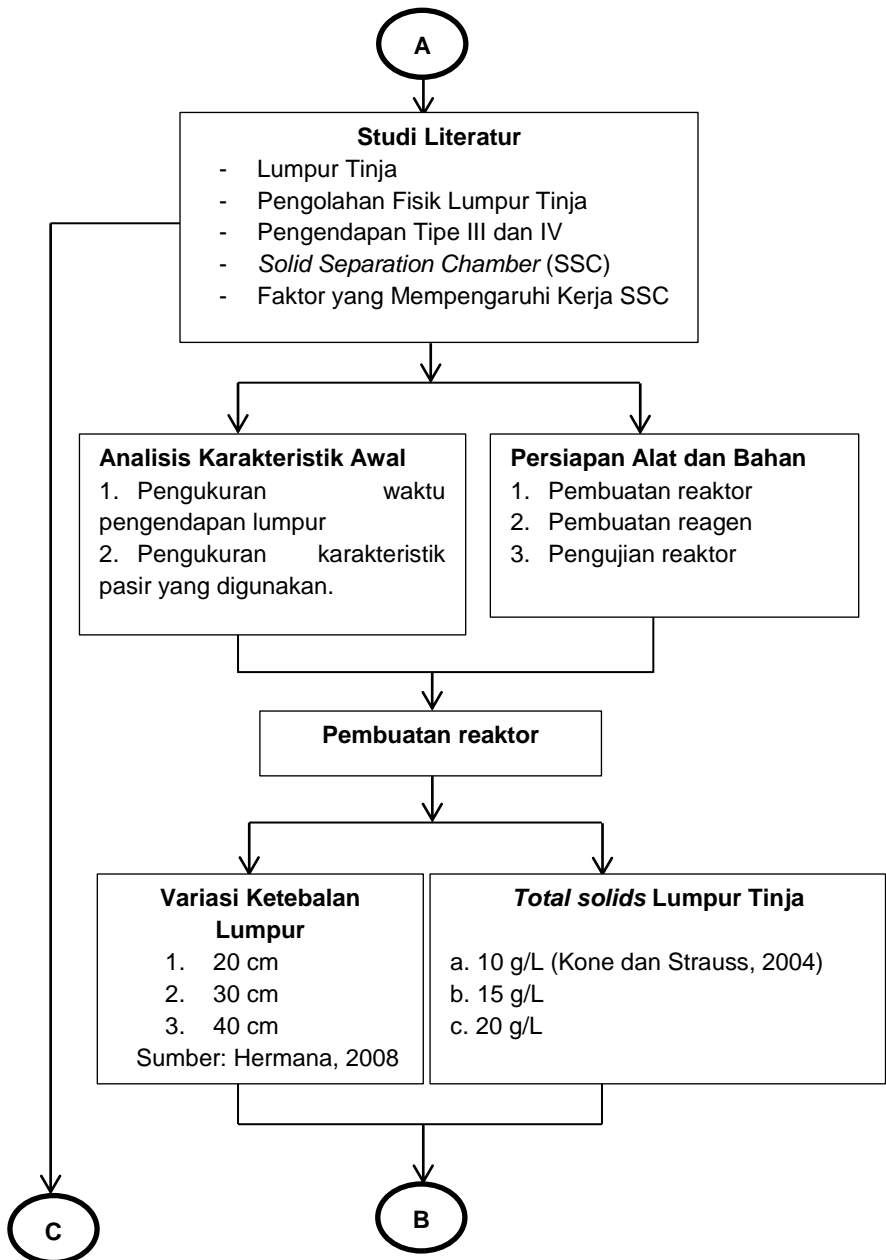
#### **3.1 Tahap-tahap Penelitian**

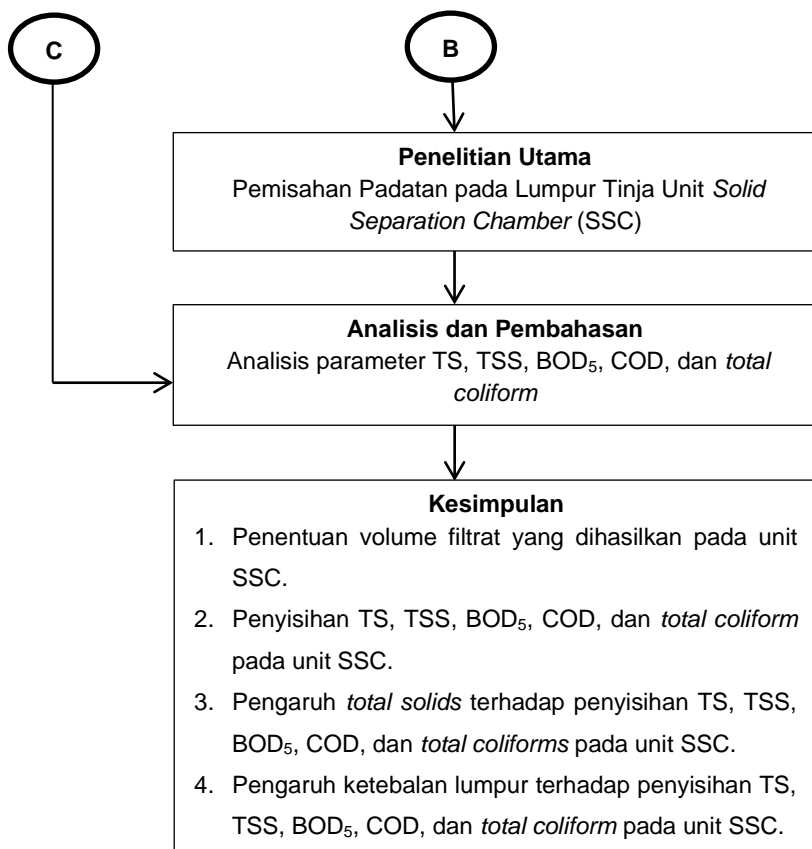
Acuan dalam melaksanakan penelitian adalah metode penelitian yang disusun berdasarkan suatu masalah terhadap ide penelitian. Metode penelitian disusun agar dapat mencapai tujuan dari penelitian yang dilaksanakan. Penyusunan kerangka penelitian dilaksanakan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Sebagai gambaran awal mengenai tahapan penelitian yang akan dilaksanakan agar pelaksanaan penelitian dapat terencana secara sistematis.
2. Mengetahui tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam pelaksanaan penelitian dari awal penelitian sampai penulisan laporan akhir penelitian.
3. Mempermudah untuk mengetahui hal – hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan penelitian.
4. Menghindari dan memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan yang terjadi selama penelitian berlangsung.

Penelitian ini didasarkan pada kerangka penelitian yang terdiri dari “GAP” antara kondisi ideal dengan kondisi realita sehingga ditentukan rumusan masalah dan tujuan dari adanya penelitian. Setelah itu, dilakukan persiapan penelitian yang terdiri dari persiapan alat dan bahan serta penelitian pendahuluan sehingga memudahkan dalam pelaksanaan penelitian. Selanjutnya, menganalisis dan membahas hasil penelitian untuk merumuskan kesimpulan. Kerangka penelitian tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1.







**Gambar 3.1 Tahap Penelitian**

### **3.2 Ide Penelitian**

Ide penelitian ini berawal dari penelitian terdahulu mengenai efisiensi penyisihan TSS pada unit SSC IPLT Keputih, Surabaya tanpa mempertimbangkan hal-hal yang mempengaruhi kerja SSC. Selain hal tersebut, belum terdapat SOP yang jelas terhadap waktu pengeringan pada unit SSC. Oleh sebab itu,

diperlukan perhitungan penyisihan optimum TS dan TSS serta pengaruh *total solids* dan ketebalan lumpur dalam penyisihan TS, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, dan *total coliforms*. Pengaruh *total solids* dan ketebalan lumpur tinja dapat diketahui waktu pengeringan yang optimum. Penelitian ini dapat digunakan untuk memilih keadaan yang tepat dalam menyisihkan kandungan organik dan padatan pada lumpur tinja di unit SSC.

### **3.3 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan dasar teori yang kuat dan berkaitan dengan penelitian. Studi literatur digunakan sebagai acuan dalam melaksanakan kegiatan penelitian. Sumber literatur meliputi text book, jurnal/artikel ilmiah, laporan penelitian, dan tugas akhir terdahulu yang berhubungan dengan penelitian. Penelitian ini menggunakan studi literatur tentang lumpur tinja, pengolahan fisik lumpur tinja, *Solid Separation Chamber* (SSC), dan faktor yang mempengaruhi kerja SSC.

### **3.4 Persiapan Alat dan Bahan**

Alat yang dipersiapkan untuk melakukan penelitian ini adalah reaktor filtrasi, media pasir 0,2-0,6 mm dan kerikil, pipa PVC ukuran 1 inchi, drum plastik 180 L, cawan porselen, kertas saring, gelas ukur, dan sejumlah *glassware*. Bahan yang perlu disiapkan adalah lumpur tinja dan beberapa reagen yang digunakan untuk analisis parameter, seperti :

1. Analisis TS
2. Analisis TSS
3. Analisis BOD<sub>5</sub>
4. Analisis COD
5. Analisis Bakteri *Coliform*.

### 3.5 Analisis Karakteristik Awal

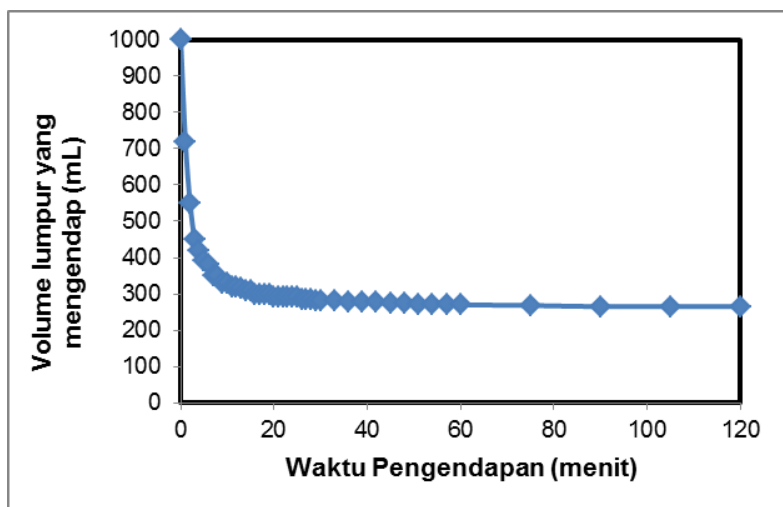
Analisis karakteristik awal diperlukan untuk mengetahui kualitas lumpur tinja yang digunakan dalam penelitian. Analisis ini melakukan uji seperti waktu pengendapan lumpur dan pasir yang digunakan. Sampel diambil langsung dari truk tinja yang membongkar muatannya ke unit SSC IPLT Keputih. Diambil lumpur dari 1 truk tinja yang masuk secara acak. Pada analisis karakteristik awal dilakukan *settleability solid test* untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh lumpur untuk mengendap (Metcalf dan Eddy, 2003). *Settleability solid test* juga berguna untuk mengetahui jumlah lumpur yang terendapkan selama waktu pengendapan tersebut. Pengukuran *settleability solid test* menggunakan silinder 1 L yang menggambarkan tangki pengendapan atau tangki thickening (Heinss *et al.*, 1999). Gambar 3.2 proses *settleability solid test* menggunakan tabung silinder dan Gambar 3.3 grafik *settleability solid test*



**Gambar 3.2 *Settleability Solid Test***

Sumber : Hasil pengamatan





**Gambar 3.3 Grafik Hasil *Settleability Solid Test***

Sumber : Hasil pengamatan

Pasir yang digunakan adalah pasir Lumajang dengan ukuran 0,2-0,6 mm. Karakteristik hasil analisis ayakan pasir Lumajang yang telah dilakukan disajikan pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

**Tabel 3.1 Analisis Ayakan Pasir yang Telah Dilakukan**

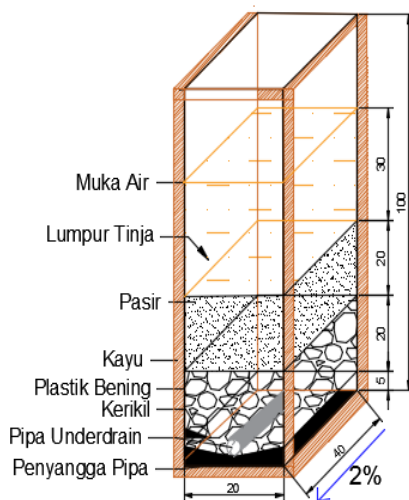
Ayakan No	Ukuran (mm)	Tertinggal		Kumulatif (%)	
		Gram	%	Tertinggal	Lolos
8	2,36	56,79	11,37	11,4	88,6
12	1,68	25,46	5,1	16,5	83,5
16	1,18	33,37	6,68	13,18	76,82
20	0,85	42,27	8,467	31,65	68,35
30	0,595	57,97	11,61	43,26	56,74
40	0,425	53,79	10,78	54,04	45,96
50	0,297	76,21	15,27	69,31	30,69
60	0,250	29,84	5,98	75,29	24,71
100	0,150	73,81	14,79	90,08	9,92
Pan	-	49,67	9,95	0	0
Jumlah		499,18	100		

Sumber : Hasil pengamatan

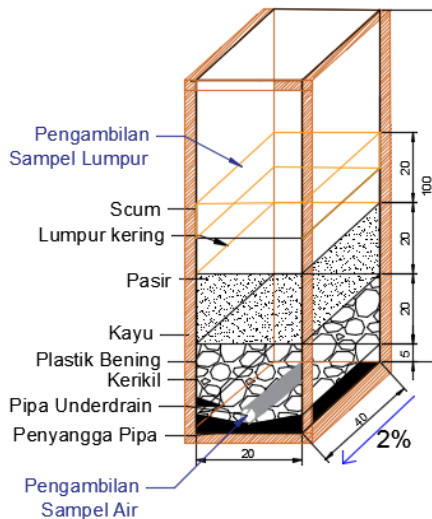
Kedua data analisis tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa komposisi dominan dari pasir Lumajang berada dalam ukuran 0,595-0,297 mm.

### 3.6 Pembuatan Reaktor

Reaktor terbuat dari kayu dan dilapisi dengan plastik tebal yang berukuran 20 cm x 40 cm x 100 cm. Volume pengolahan pada reaktor adalah 18L, 27 L, dan 36 L. Media yang digunakan yaitu media pasir 0,2-0,6 mm pada lapisan atas yang dicuci sebelum dipakai untuk menghilangkan lumpur yang menempel dan kerikil sebagai media penyangga pada lapisan bawah. Ketebalan media pasir yang digunakan 20 cm dan kerikil 20 cm. Cairan dari hasil pemisahan dikumpulkan pada pipa ukuran 2,5 cm (1 inci) dengan kemiringan 2% dan dilengkapi dengan *orifice* ukuran 0,5 cm sebanyak 90 lubang. Reaktor berjumlah 9 buah menggunakan atap penutup. Desain dimensi reaktor disajikan pada Gambar 3.4.-3.5.



**Gambar 3.4 Reaktor yang Digunakan**



**Gambar 3.5 Reaktor Setelah Mengalami *Dewatering***

### 3.7 Penelitian Utama

Penelitian dimulai setelah melakukan analisis karakteristik awal dan reaktor telah siap digunakan. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan *total solids* dan ketebalan lumpur tinja. Sampel diambil langsung dari truk tinja yang membongkar muatan pada unit SSC IPLT Keputih, Surabaya. Pengambilan sampel dilakukan pada 5 truk tinja yang masuk secara acak. Setiap truk dilakukan tes uji *total solids* menggunakan silinder berukuran 1-2 L. Pengukuran akan didapatkan perbandingan volume lumpur yang mengendap dan volume total lumpur tinja dalam silinder (v/v). Hasil pengukuran akan diambil 3 nilai kadar solid yang berbeda dari nilai v/v yang didapatkan. Hasil inilah yang akan digunakan sebagai variabel dalam penelitian. Pengambilan sampel lumpur tinja di IPLT dilakukan selama 1 hari. *Total solids* yang telah dipilih sebanyak

3 jenis akan diambil sebanyak 170 L menggunakan drum plastik berukuran 180 L. Kemudian diambil 16 L, 24 L, dan 32 L untuk setiap 3 reaktor dengan *total solids* yang berbeda. Sampel yang digunakan untuk pengukuran parameter TS, TSS, COD, dan *total coliforms* diambil dari *underdrain*, supernatan, dan lumpur yang tertinggal di atas media pasir, sedangkan BOD<sub>5</sub> hanya pada *underdrain* dan supernatan. Pengambilan sampel dilakukan secara bervariasi sesuai dengan Tabel 3.5 berikut ini

**Tabel 3.2 Durasi pengambilan sampel**

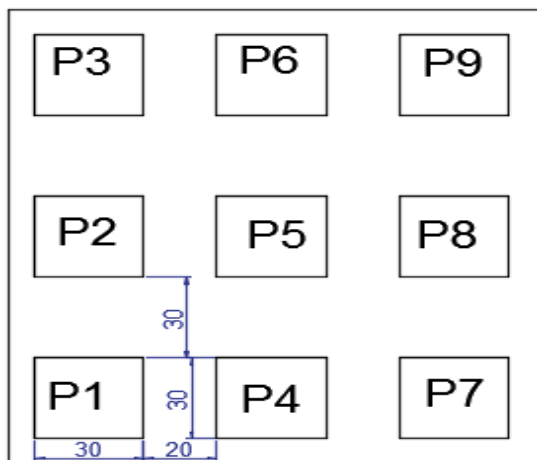
Parameter	Durasi pengambilan sampel	Tujuan
TS	Setiap sehari sekali	Untuk mendapatkan pengaruh <i>total solids</i> dengan waktu pengeringan.
TSS	Setiap sehari sekali	Untuk mendapatkan pengaruh <i>total suspended solid</i> dengan waktu pengeringan.
BOD <sub>5</sub>	Diawal dan diakhir dari penelitian	Untuk mendapatkan efektifitas penurunan bahan organik pada unit SSC selama proses berlangsung.
COD	Setiap hari untuk filtrat dan 3 hari untuk lumpur	Menentukan korelasi penyisihan TS dan TSS dengan COD.
<i>Total coliforms</i>	Diawal dan diakhir dari penelitian	Untuk mendapatkan efektifitas penurunan <i>total coliforms</i> pada unit SSC selama proses berlangsung.
Intensitas Cahaya	Setiap sehari sekali	Untuk menentukan intensitas cahaya dan hubungan dengan perubahan suhu lingkungan dan lumpur.
Suhu	Setiap sehari sekali	Untuk menentukan pengaruh perubahan suhu terhadap intensitas cahaya disekitar.

Penelitian dilakukan selama 30 hari dengan sistem *batch*. Penelitian dilakukan di bawah atap penutup agar tidak terpengaruh oleh hujan (Cofie *et al.*, 2006) dan pengujian

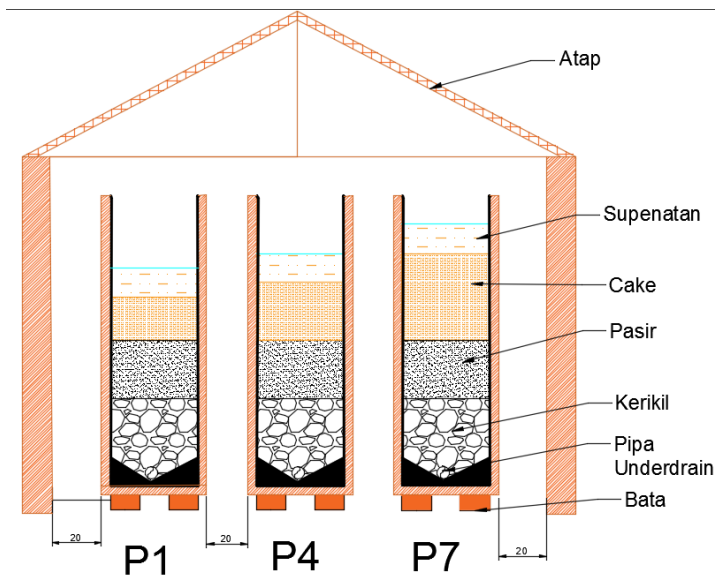
dilakukan secara duplo dengan mencuci media sebelum digunakan kembali. Duplo digunakan untuk mendapatkan data yang valid. Hasil pengambilan sampel dianalisis di Laboratorium Teknik Lingkungan. Reaktor yang digunakan berjumlah 9 buah yang dihitung melalui faktorial penelitian pada Tabel 3.6 dan susunan reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.5– 3.6.

**Tabel 3.3 Faktorial Penelitian**

<i>Total solids</i> (g/L)	Ketebalan Lumpur Tinja		
	20 cm	30 cm	40 cm
10	P1	P4	P7
15	P2	P5	P8
20	P3	P6	P9



**Gambar 3.6 Denah Susunan Reaktor**



**Gambar 3.7 Susunan Reaktor Tampak Depan**

### 3.8 Metode Analisis Data

Parameter yang diukur meliputi TS, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, *total coliforms*, intensitas cahaya, dan suhu pada penelitian utama. Metode analisis untuk setiap parameter disajikan pada Tabel 3.7 berikut ini.

**Tabel 3.4 Parameter dan Tujuan Analisis**

Analisis	Tujuan	Metode	Standar
<i>Total solids</i> (TS)	Menentukan waktu pengeringan pada lumpur tinja (Cofie et al., 2006)	Gravimetri	SNI 06-6989.26-2005
<i>Total Suspended Solids</i> (TSS)	Menentukan kandungan dan penurunan jumlah padatan tersuspensi yang terkandung dalam lumpur tinja	Gravimetri	SNI 06-6989.3-2004
<i>Biological Oxygen</i>	Menentukan tingkat biodegradabilitas sampel	Metode Yodometri	SNI 6989.72:200

Analisis	Tujuan	Metode	Standar
<i>Demand</i> (BOD <sub>5</sub> )	(Rasio COD/BOD <sub>5</sub> ) (Cofie <i>et al.</i> , 2006)	(Winkler)	9
<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	Menentukan kadar kebutuhan oksigen kimia untuk mengoksidasi bahan organik	<i>Closed Reflux</i>	<i>SNI 6989.73:2009</i>
<i>Total coliforms</i>	Menentukan kandungan dan penurunan koloni bakteri <i>coliform</i> dalam sampel	MPN	<i>SNI 01-2332.1-2006</i>
Intensitas Cahaya	Menentukan intensitas cahaya di lingkungan penelitian	Luxmeter	<i>SNI 16-7062-2004</i>
Suhu	Menentukan suhu pada lumpur dan lingkungan sekitar penelitian	Termometer	<i>SNI 06-6989.23-2005</i>

**\*Halaman ini sengaja dikosongkan\***



## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Karakteristik Awal

Media filter yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir Lumajang yang tidak mudah hancur dibandingkan pasir yang lain. Media filter yang digunakan berukuran 0,2-0,6 mm sesuai dengan kriteria desain unit SSC. Lumpur tinja yang digunakan berasal dari truk tinja yang akan membuang tinja ke IPLT Keputih, Surabaya.

Hasil analisis awal karakteristik media filter dan lumpur tinja pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1 Hasil Analisis Karakteristik Awal**

Parameter	Satuan	Nilai
<b>Media Filter (Pasir Lumajang)</b>		
Laju Filtrasi Pasir Sebelum Diayak	m/jam	0,169
Laju Filtrasi diameter 0,2-0,6 mm	m/jam	0,085
Sg	-	2,69
Kadar Alr	(%)	0,42
<b>Lumpur Tinja</b>		
Densitas	kg/m <sup>3</sup>	1001
TS	mg/L	47310
TSS	mg/L	18400
COD	mg/L	18000
BOD <sub>5</sub>	mg/L	7708
Amonium	mg/L	27815
<i>Total coliforms</i>	MPN/100 mL	14x10 <sup>6</sup>

Data laju filtrasi digunakan untuk mengetahui berapa cepat pasir Lumajang dapat dilalui oleh filtrat. Karakteristik *total solids* pada

lumpur tinja akan digunakan sebagai variabel dalam penelitian ini dengan konsentrasi yang berbeda.

## **4.2 Proses pada Unit SSC**

Unit SSC pada pengolahan lumpur tinja berfungsi mengurangi kandungan zat tersuspensi pada lumpur tinja agar mampu mengurangi beban padatan maupun zat organik yang akan masuk pada pengolahan selanjutnya. Berdasarkan rasio  $BOD_5/COD$  bahwa lumpur tinja bersifat mudah diuraikan sehingga mampu diolah menggunakan sistem biologis, tetapi lumpur tinja yang dikuras dari tangki septik masih mengandung zat organik yang besar sehingga perlu dilakukan pengolahan fisik sebelum masuk pada pengolahan biologis secara aerobik. Kandungan padatan maupun zat organik yang besar akan membebani penguraian biologis aerobik sehingga perlu dilakukan *primary treatment*. Salah satu *primary treatment* dengan pengolahan fisik yang digunakan pada pengolahan lumpur tinja yaitu unit SSC. Pada unit SSC terjadi proses filtrasi yang mampu mengurangi zat tersuspensi pada lumpur tinja. Proses filtrasi yang terjadi dapat menghasilkan banyaknya volume filtrat yang terbentuk dan penurunan ketebalan lumpur. Berikut hasil analisis volume filtrat dan ketebalan lumpur yang berkurang.

### **4.2.1 Volume Filtrat yang Terbentuk**

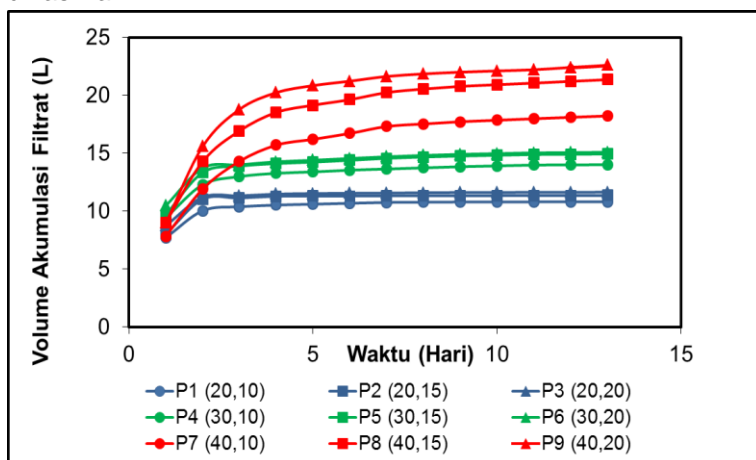
Penelitian berlangsung selama 30 hari. Reaktor diletakkan di depan workshop Teknik Lingkungan agar tidak terpengaruh dengan hujan tetapi masih terdapat sinar matahari dan pergerakan angin. Reaktor penelitian terdiri dari 9 buah yang dioperasikan secara batch dengan konsentrasi TS dan ketebalan lumpur yang berbeda-beda. Konsentrasi *total solids* yang digunakan meliputi 10 g/L, 15 g/L dan 20 g/L, sedangkan ketinggian lumpur yang digunakan 20 cm, 30 cm, dan 40 cm.

Filtrasi adalah proses pemisahan antara padatan dan cairan dengan cara melewatkan melalui media berpori. Lumpur tinja akan melewati media berpori dan akan keluar melalui *underdrain*. Dalam penelitian ini, lumpur tinja yang akan dimasukkan ke dalam reaktor sebanyak 16 L untuk ketebalan 20 cm, 24 L untuk ketebalan 30 cm, dan 32 L untuk ketebalan 40 cm. Perhitungan filtrat diperlukan untuk mengetahui berapa besar kemampuan media pasir dalam pemisahan padatan pada lumpur tinja dan untuk mengetahui kecenderungan tiap reaktor dalam proses pengeringan melalui filtrasi atau evaporasi. Filtrat setiap reaktor keluar sampai waktu 13 hari. Berikut debit filtrat setiap reaktor disajikan pada Gambar 4.1 dan volume akumulasi filtrat pada Gambar 4.2

Pada penelitian ini kandungan seluruh *supernatan* habis melalui proses evaporasi dan proses filtrasi. Heinss *et al.* (1999), menyatakan bahwa 50-80% volume lumpur akan keluar sebagai filtrat melalui *underdraine* dan 20-50% akan mengalami evaporasi. Pada penelitian ini tidak terjadi proses dekantasi selayaknya yang terjadi di lapangan, hal ini dapat terjadi karena media filter masih dalam keadaan bersih dan ketebalan lumpur yang ditambahkan tidak setebal yang terdapat di lapangan. Selain itu, keadaan reaktor dalam sistem *batch* sedangkan di lapangan dalam sistem *intermitten*.

Debit yang efektif ditandai dengan besarnya filtrat yang dihasilkan. Hal ini menandakan bahwa media masih bersih dalam menyisihkan polutan dalam lumpur tinja. Debit efektif rata-rata yang terjadi sebesar 1479 mL/Jam selama kurang dari 2 hari pertama dan selanjutnya mengalami penurunan sampai hari ke-13 (Tabel 4.2). Pada Gambar 4.1 volume pada ketebalan lumpur 40 cm menghasilkan filtrat paling besar dibandingkan dengan ketebalan yang lain, hal ini dapat dipengaruhi oleh ketebalan lumpur yang dimasukkan tiap reaktor berbeda. Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa konsentrasi TS berpengaruh terhadap besarnya proses evaporasi atau proses filtrasi. Pada konsentrasi

yang pekat laju filtrasi lebih besar dibandingkan dengan laju evaporasi, hal ini dapat disebabkan karena komponen air terikat dengan *solids* yang menyebabkan sulit dalam proses evaporasi. Dari hasil pengukuran volume filtrat dan debit dapat diketahui bahwa ketebalan lumpur dan kadar *solids* berpengaruh terhadap proses filtrasi. Semakin besar kadar *solids* dan tebal lumpur maka, semakin besar pula debit filtrasi dan volume filtrat yang dihasilkan.



**Gambar 4.1 Akumulasi Volume Filtrat yang Dihasilkan**

**Tabel 4.2 Debit Filtrasi Tiap Reaktor**

Variabel/ Hari Ke-	Debit Filtrat (mL/Jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
P1 (20,10)	1285	96,7	14,6	5,8	3,3	3,1	3,1	0,8
P2 (20,15)	1338	125,0	4,2	6,5	0,4	0,4	0,6	0,2
P3 (20,20)	1457	102,5	5,0	6,3	2,1	0,8	0,8	1,0
P4 (30,10)	1570	119,2	29,2	11,9	5,0	6,3	4,2	4,2
P5 (30,15)	1615	151,7	22,9	9,6	5,0	6,7	7,1	4,6
P6 (30,20)	1743	135,8	11,3	11,3	5,4	6,7	5,8	5,0
P7 (40,10)	1305	169,4	100,0	58,3	20,8	21,3	25,0	9,2

P8 (40,15)	1503	218,8	110,4	66,7	25,8	20,0	25,4	12,9
P9 (40,20)	1496	275,0	133,3	60,4	25,4	15,8	17,1	9,2

**Lanjutan Tabel 4.2**

Variabel/ Hari Ke-	Debit Filtrat (mL/Jam)				
	9	10	11	12	13
P1 (20,10)	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2
P2 (20,15)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
P3 (20,20)	1,0	0,2	0,2	0,2	0,4
P4 (30,10)	4,2	2,9	2,9	0,6	0,6
P5 (30,15)	3,5	2,7	2,7	0,9	1,0
P6 (30,20)	3,8	2,7	2,7	1,0	1,0
P7 (40,10)	7,9	5,4	5,4	5,0	5,0
P8 (40,15)	9,6	5,8	5,8	6,3	6,3
P9 (40,20)	6,3	4,4	4,4	8,3	8,3

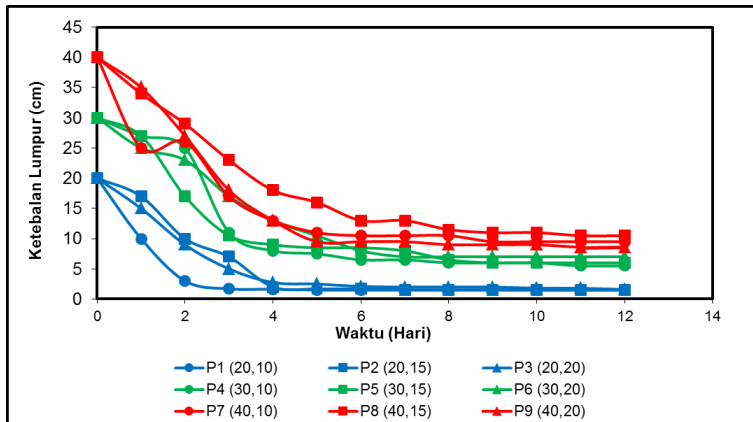
**Tabel 4.3 Persentase Filtrat yang Dihasilkan**

Variabel (cm,g/L)	Volume Lumpur Awal (L)	Volume Filtrat (L)	Persentase yang menjadi filtrat (%)
P1 (20,10)	16	10,820	68
P2 (20,15)	16	11,370	71
P3 (20,20)	16	11,685	73
P4 (30,10)	24	14,105	59
P5 (30,15)	24	15,050	63
P6 (30,20)	24	15,380	64
P7 (40,10)	32	18,815	59
P8 (40,15)	32	21,980	69
P9 (40,20)	32	23,305	73

#### 4.2.2 Hasil Pengurangan Ketebalan Lumpur

Ketebalan lumpur diukur setiap pengukuran volume filtrat yang keluar yaitu selama 13 hari. Setelah 13 hari tidak dilakukan pengukuran karena perubahan yang sangat kecil. Ketebalan lumpur diukur di 3 titik yaitu atas, tengah, dan bawah pada permukaan lumpur yang dianggap mewakili ketebalan lumpur di dalam reaktor. Hasil pengukuran rata-rata ketebalan lumpur disajikan pada Gambar 4.3. Pada gambar ditunjukkan bahwa ketebalan lumpur 20 cm stabil pada hari ke- 4, ketebalan lumpur 30 cm pada hari ke-8, dan ketebalan 40 cm stabil pada hari ke-10. Hasil pengukuran ketebalan lumpur berbanding terbalik dengan akumulasi volume filtrat yang dihasilkan. Pengurangan ketebalan lumpur berkurang seiring dengan waktu pengeringan yang dipengaruhi oleh proses evaporasi maupun proses filtrasi.

Berdasarkan kriteria desain ketebalan *cake* di atas media pasir adalah 30-50 cm (Hermana, 2008), dari hasil pengukuran didapatkan bahwa pada ketebalan 20 cm dengan berbagai konsentrasi memiliki ketebalan *cake* 1,5 cm, sedangkan 30 cm sebesar 5 cm, dan 40 cm sebesar 8 cm. Dari hasil perhitungan didapatkan waktu pengurasan *cake* dari unit SSC yang disesuaikan dengan kriteria desain yaitu maksimal 50 cm. Pada ketebalan lumpur yang dimasukkan 20 cm didapatkan waktu pengurasan setelah 13 bulan pengisian, dan setiap pengisian hanya sampai ketebalan 20 cm dengan waktu dewatering 13 hari kemudian dilakukan pengisian kembali sampai 20 cm, begitu seterusnya. Pada ketebalan lumpur masuk 30 cm didapatkan waktu pengisian selama 4,5 bulan dengan setiap pengisian hanya sampai 30 cm dan proses dewatering 13 hari kemudian baru ditambahkan kembali, sedangkan pada ketebalan lumpur awal 40 cm selama 2,7 bulan dengan prosedur yang sama. Setelah proses pengisian akan dikuras dan dibuang ke *drying area* untuk menurunkan kadar air.



**Gambar 4.2 Pengukuran Ketebalan Lumpur Tiap Reaktor**

#### 4.3 Hasil Penyisihan Bahan Organik, Padatan, Amonium, dan *Total coliforms* di Unit SSC

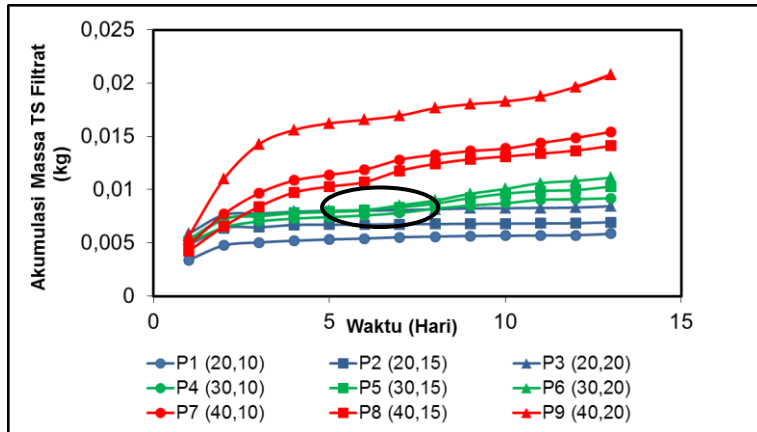
Parameter yang diukur pada filtrat yaitu COD, TS, dan TSS setiap hari selama 13 hari, sedangkan untuk amonium, BOD<sub>5</sub>, dan *Total coliforms* di awal dan di akhir dari filtrat yang keluar.

##### 4.3.1 Hasil Penyisihan TS

*Total solids* merupakan parameter utama yang diukur setiap hari. *Total solids* yang dihasilkan menunjukkan besarnya penyisihan padatan terlarut dan tersuspensi yang mampu dipisahkan oleh media filter. Menurut Kootatsep *et al.* (2005), sebesar 12% TS akan ikut dalam filtrat sedangkan sisanya akan terakumulasi dalam lumpur kering. Hasil akumulasi massa TS disajikan pada Gambar 4.3.

Pada akumulasi massa TS di dalam reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.4, yang menunjukkan bahwa pada ketebalan 30 cm dengan konsentrasi TS yang bervariasi menghasilkan

akumulasi TS pada filtrat yang relatif sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada ketebalan lumpur 30 cm, konsentrasi TS tidak mempengaruhi massa TS pada filtrat yang keluar dari unit SSC.

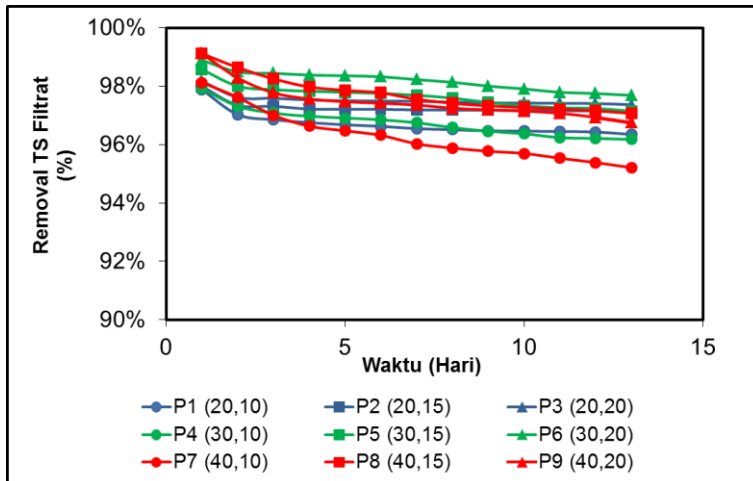


**Gambar 4.3 Akumulasi TS Setiap Reaktor**

Pada gambar dapat dilihat bahwa waktu tinggal lumpur pada ketebalan 20 cm adalah 5 hari, 30 cm 7 hari, dan 40 cm 10 hari. Hal ini ditunjukkan dengan keadaan grafik yang stabil. Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada ketebalan 30 cm dengan konsentrasi TS 20 g/L (pekat) memiliki efisiensi penyisihan yang paling besar. Kandungan tersuspensi tersebut akan tertinggal pada media filter sedangkan terlarut akan keluar dan terukur sebagai konsentrasi TS. Persentase penyisihan TS dapat dilihat bahwa semakin pekat konsentrasi TS maka semakin besar efisiensi penyisihan yang terjadi, sedangkan ketebalan lumpur tidak terlalu berpengaruh dalam penyisihan yang ditandai dengan besarnya efisiensi penyisihan yang hampir sama.

Pada ketebalan 40 cm memiliki efisiensi penyisihan yang besar sehingga dapat direkomendasikan untuk diterapkan di lapangan tetapi, masih diperlukan pertimbangan terhadap parameter dan kadar air *cake*.

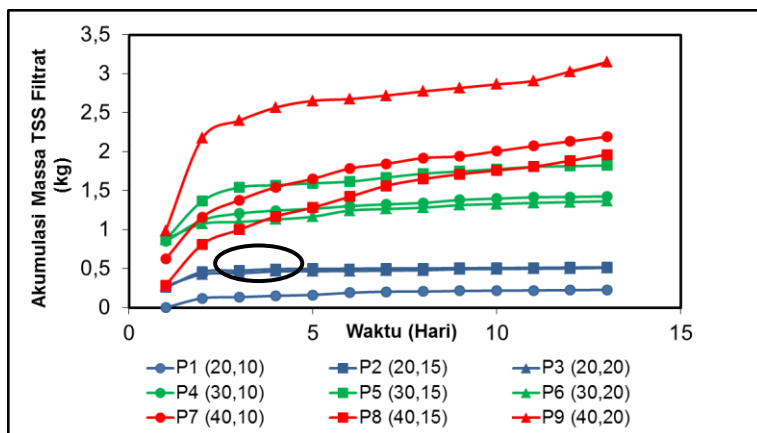




**Gambar 4.4 Penyisihan TS Filtrat**

#### 4.3.2 Hasil Penyisihan TSS

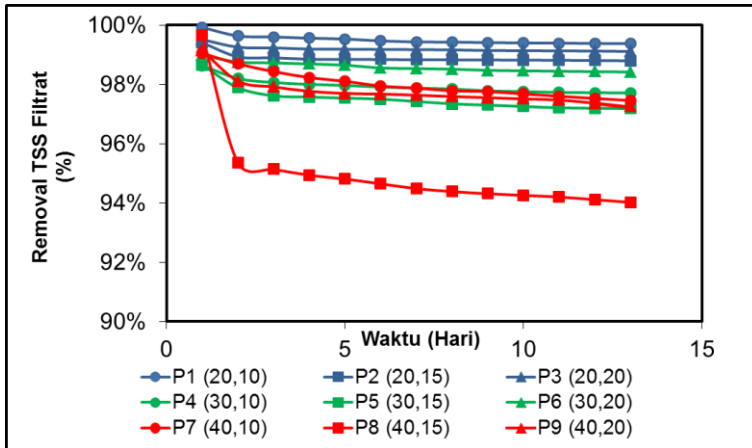
Pengukuran TSS merupakan parameter utama pada penelitian ini. Tujuan pengukurannya untuk mengetahui seberapa besar kemampuan media filter dalam penyisihan padatan tersuspensi. Hasil akumulasi massa setiap reaktor pada Gambar 4.3 ditunjukkan bahwa akumulasi massa terbesar terdapat pada reaktor dengan ketebalan 40 cm. Hal ini dipengaruhi oleh beban permukaan yang lebih besar. Semakin besar volume yang ditambahkan semakin besar massa yang dimuat di dalam reaktor, sehingga mempengaruhi akumulasi TSS yang keluar melalui filtrat. Semakin tebal lumpur semakin besar akumulasi TSS yang akan keluar. Pada ketebalan lumpur 20 cm dengan konsentrasi 15 g/L dan 20 g/L memiliki akumulasi massa TSS pada filtrat yang sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada ketebalan 20 cm semakin besar konsentrasi TS tidak akan mempengaruhi akumulasi massa TSS yang keluar melalui filtrat pada unit SSC.



**Gambar 4.5 Akumulasi Massa TSS di Setiap Reaktor**

Pada Gambar 4.5 menunjukkan penyisihan yang paling besar terjadi pada ketebalan lumpur 20 cm dengan *total solids* 10 g/L. Konsentrasi TS yang rendah menyebabkan kandungan zat terlarut pada lumpur tinja lebih besar dibandingkan tersuspensi sehingga, zat tersuspensi akan tertinggal pada media dan zat terlarut akan keluar melalui filtrat. Selain itu ketebalan lumpur yang kecil, akan mempengaruhi massa yang tertinggal dan laju filtrasi. Beban yang lebih kecil akan lebih lama terbentuk *clogging* dibandingkan yang lebih besar (Metcalf dan Eddy, 2003). Pada hari ke-4 kemampuan penyisihan TSS sudah dalam keadaan stabil yang ditandai tidak terjadi perubahan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa media filter sudah dalam keadaan optimal dalam penyisihan TSS pada lumpur tinja. Namun, efisiensi penurunan TSS masih besar sehingga media masih mampu digunakan kembali dalam penyisihan TSS sampai media dalam keadaan jenuh dan perlu dilakukan penggantian media. Penggantian media dapat ditentukan dari penurunan efisiensi sampai kurang dari 50% sehingga perlu dilakukan pengurusan *cake* dari unit SSC. Semakin tebal lumpur dan konsentrasi TS yang semakin pekat menyebabkan penurunan efektifitas

penyisihan TSS, hal ini dapat dipengaruhi semakin cepatnya zat tersuspensi dalam mengisi pori-pori media filter sehingga lebih cepat terbentuk *clogging* yang dapat menurunkan efisiensi penyisihan.



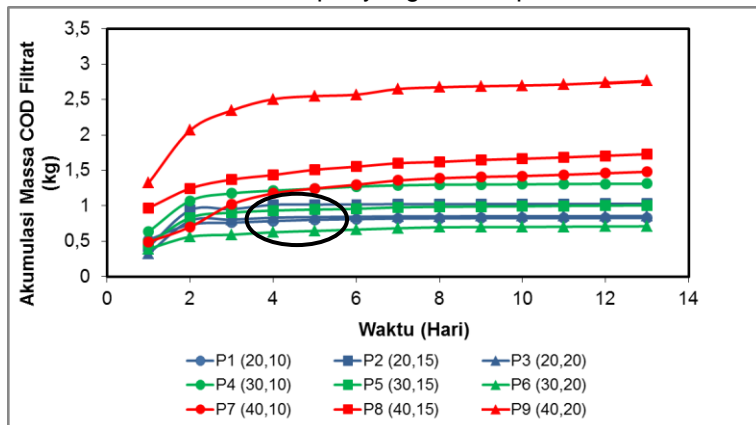
**Gambar 4.6 Penyisihan TSS Lumpur Melalui Filtrat**

Pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 ketebalan lumpur 40 cm masih efektif diterapkan, karena kemampuan penyisihan TSS masih besar. Penerapan di lapangan meninjau besarnya penyisihan dan ketebalan lumpur maksimal yang mampu dimasukkan. Semakin tebal lumpur yang dimasukkan dan efisiensi penyisihan masih besar, maka dapat direkomendasikan sebagai hasil yang dapat diterapkan. Selain konsentrasi TS, ketebalan lumpur juga mempengaruhi besarnya penyisihan pada unit SSC. Semakin tebal lumpur yang dimasukkan maka semakin stabil keadaan di dalam unit, hal ini disebabkan karena perubahan beban di dalam unit relatif kecil. Sehingga ketebalan lumpur dan konsentrasi TS berpengaruh terhadap penyisihan padatan tersuspensi.

#### 4.3.3 Hasil Penyisihan COD

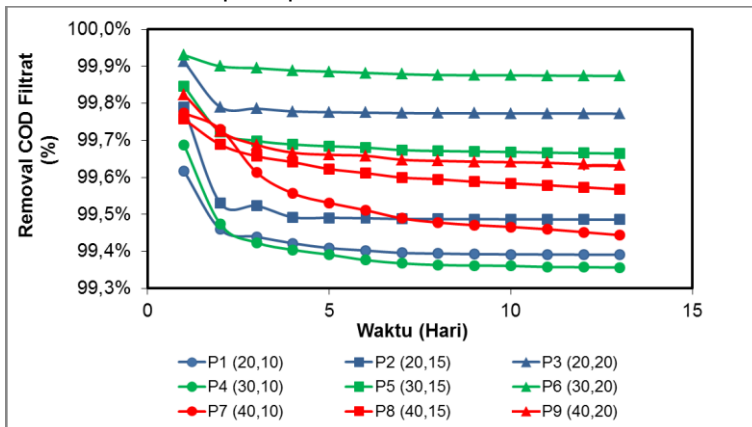
Pengukuran COD dilakukan selama 13 hari selama filtrat keluar. Tujuannya untuk mengetahui seberapa besar pemisahan bahan organik melalui media filter dan menentukan waktu optimum untuk pencucian atau penggantian media filter. Hasil akumulasi massa bahan organik pada Gambar 4.7. Penyisihan COD pada reaktor sebagian besar terlarut dalam proses filtrasi, sebagian besar yang tidak terlarut akan tertinggal dalam lapisan lumpur (Gagnon *et al.*, 2007).

Pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada ketebalan lumpur 20 cm dan 30 cm dengan berbagai konsentrasi TS, memiliki massa akumulasi COD filtrat yang hampir sama. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pada ketebalan tersebut, konsentrasi TS tidak berpengaruh secara signifikan terhadap akumulasi massa COD yang dikeluarkan. Akumulasi massa COD filtrat yang sama juga menunjukkan bahwa pada ketebalan lumpur tersebut tidak terpengaruh dengan besarnya massa lumpur yang tertinggal di dalam reaktor. Semakin tebal lumpur yang dimasukkan maka semakin besar massa lumpur yang menetap di dalam reaktor.



Gambar 4.7 Akumulasi Massa COD pada Filtrat

Pada Gambar 4.7 penyisihan terbesar bahan organik yang terjadi pada reaktor dengan ketebalan lumpur 30 cm dan TS 20 g/L, hal ini menunjukkan bahwa semakin pekat konsentrasi maka semakin besar kandungan zat tersuspensi. Kandungan zat tersuspensi akan tertinggal di atas media filter sedangkan zat terlarut akan keluar melalui filtrat dan terukur sebagai beban organik pada filtrat. Pada hari ke-6 menunjukkan besarnya penyisihan bahan organik telah stabil, hal ini dapat disebabkan karena telah terjadi penyumbatan pada media filter. Ketebalan lumpur 40 cm masih memiliki kemampuan dalam penyisihan bahan organik yang tinggi, hal ini dapat disimpulkan bahwa ketebalan 40 cm dengan konsentrasi pekat atau ecer masih efektif untuk diterapkan pada unit SSC.



**Gambar 4.8 Penyisihan COD Lumpur melalui Filtrat**

Berdasarkan Gambar 4.8 terlihat bahwa semakin pekat konsentrasi TS maka penyisihan yang terjadi semakin besar, sedangkan untuk ketebalan lumpur tidak begitu berpengaruh ditunjukkan dengan tidak teraturnya penempatan setiap ketebalan lumpur dalam proses penyisihan bahan organik.

Besarnya rata-rata penyisihan optimum COD pada unit SSC ditentukan pada hari ke-6 yaitu 99,87%, hal ini dikarenakan pada hari tersebut sudah dalam keadaan yang stabil. Perubahan rata-rata penyisihan COD pada hari berikutnya sudah sangat kecil hampir tidak terjadi perubahan. Keadaan yang stabil ini menunjukkan bahwa media sudah dalam keadaan optimum dalam penyisihan bahan organik. Namun, efisiensi penyisihannya masih besar hal ini menunjukkan bahwa media filter masih mampu untuk menyisihkan bahan organik yang masuk sampai keadaan media sudah tidak mampu memisahkan bahan organik dan perlu dilakukan pencucian atau penggantian media filter. Hasil penyisihan zat organik COD lebih besar dibandingkan dengan TSS (Gambar 4.6) meskipun mengalami penurunan setiap harinya. Hal ini menunjukkan bahwa media filter tidak hanya mampu menyisihkan zat tersuspensi melainkan zat terlarut yang sisanya terukur sebagai nilai COD. Selain media filter yang masih baru dapat juga didukung oleh mikroorganisme di dalam filter yang membantu mendegradasi zat organik terlarut dari lumpur tinja.

#### **4.3.4 Hasil Penyisihan BOD<sub>5</sub>**

Pengukuran BOD<sub>5</sub> filtrat dilakukan diawal dan diakhir. Pengukuran ini bertujuan untuk menentukan tingkat *biodegradable* dari lumpur tinja. Nilai rasio BOD<sub>5</sub>/COD dapat digunakan sebagai penentu pengolahan selanjutnya yang direkomendasikan untuk mengolah filtrat lumpur tinja. Nilai rasio  $\geq 0,5$  menunjukkan bahwa filtrat mudah diolah melalui pengolahan biologis. Konsentrasi BOD<sub>5</sub> disisihkan oleh biofilm yang tumbuh di dalam media filter. Pembentukan biofilm dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kelembaban permukaan, permukaan yang ditemeli, ikatan ion, dan makanan yang tersedia (Tung, 2003). Menurut Badji (2008), lumpur tinja yang masuk melalui media filter akan menghasilkan 50% filtrat dengan 10% mengandung

BOD<sub>5</sub>. Berikut Tabel 4.5 hasil pengukuran BOD<sub>5</sub> awal dan akhir. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai BOD<sub>5</sub> di akhir penelitian, hal ini menunjukkan bahwa biofilm di dalam media filter sudah tidak dapat lagi memiliki kualitas kerja yang baik. Keadaan ini mengakibatkan biofilm di media filter mengalami kematian secara alami atau inaktiv seiring dengan keadaan media filter yang semakin jenuh. Menurut Brault dan Monod (1991), penyumbatan pada celah-celah media pasir mengakibatkan terjadinya kondisi anaerob pada permukaan pasir, sehingga bakteri pada biofilm akan mati. Biofilm yang mati akan terbawa ke aliran menuju *underdrain* sehingga filtrat kembali terkontaminasi oleh bahan organik yang seharusnya tertahan di media filter (Fakhrana dkk, 2017).

**Tabel 4.4 Hasil Pengukuran BOD<sub>5</sub> Filtrat Awal dan Akhir**

Variabel/ Hari ke-	Konsentrasi BOD <sub>5</sub> (mg/L)	
	Awal	Akhir
P1 (20,10)	44,87	73,12
P2 (20,15)	36,80	112,15
P3 (20,20)	31,67	152,00
P4 (30,10)	52,20	77,33
P5 (30,15)	35,01	117,94
P6 (30,20)	12,92	37,89
P7 (40,10)	49,00	141,12
P8 (40,15)	85,55	119,37
P9 (40,20)	108,11	95,28

#### 4.3.5 Hasil Penyisihan Amonium

Pengukuran amonium pada filtrat dilakukan di awal dan di akhir dari penelitian. Pada lumpur tinja amonia diproduksi dari pelepasan gugus amina dari protein dan hidrolisis urea dalam air

seni oleh *urease*. Mayoritas amonia dalam lumpur tinja berasal dari urin (Jonsson *et al.*, 2005). Kandungan nitrogen dalam lumpur tinja sekitar 20% sebagai amonia, 17% sebagai nitrogen organik dalam sel bakteri hidup, dan sisanya sebagai nitrogen organik (misalnya protein dan asam nukleat) (Lentner dan Wink, 1981). Berdasarkan penelitian Stefanakis dan Tsihrintzis (2012), bahwa proses filtrasi pada lumpur tinja yang mengandung ammonia lebih dari 350 mg/L mampu direduksi hingga 90% dalam 10 menit pertama. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 4.5, yang menunjukkan bahwa semakin lama amonium mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena kandungan bahan organik di dalam lumpur tinja seperti protein dan karbohidrat didegradasi oleh bakteri menghasilkan amonia nitrogen. Proses didalam unit terjadi selama 13 hari sehingga menyebabkan kondisi anaerobik yang menyebabkan tidak terbentuknya proses nitrifikasi (Bassan *et al.*, 2014). Sehingga amonia nitrogen di dalam unit SSC akan terakumulasi di dalam media dan dapat ikut terlarut bersama dengan filtrat. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan nilai amonium pada filtrat yang keluar.

**Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Amonium Filtrat Awal dan Akhir**

Variabel/ Hari ke-	Konsentrasi Amonium (mg/L)	
	Awal	Akhir
P1 (20,10)	0,9	13,7
P2 (20,15)	2,72	23,7
P3 (20,20)	0,96	1,1
P4 (30,10)	0,56	10,3
P5 (30,15)	0,61	33,9
P6 (30,20)	4,47	4,8
P7 (40,10)	3,02	19,2
P8 (40,15)	0,49	30,4
P9 (40,20)	0,56	5,1



#### 4.3.6 Hasil Penyisihan *Total Coliforms*

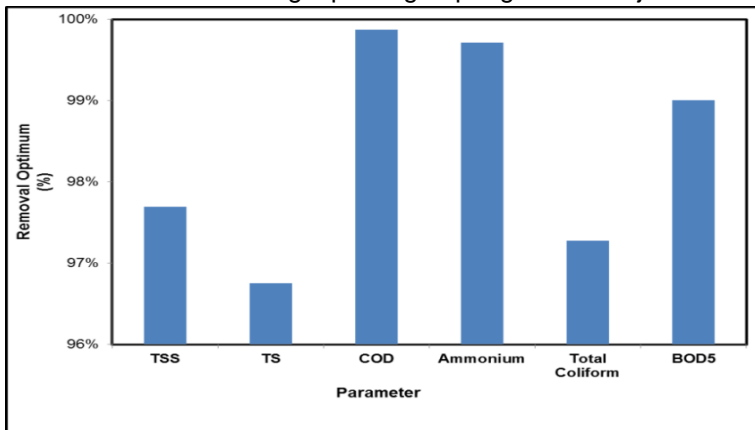
Bakteri *total coliforms* diindikasikan sebagai indikator suatu lingkungan terkontaminasi oleh tinja (Feachem dan Bradley, 1983). *Total coliforms* diukur diawal dan diakhir dari penelitian yaitu pada lumpur awal dan filtrat. Hal ini untuk menunjukkan seberapa besar unit SSC mampu menyisihkan *total coliforms*. Filtrat yang keluar dari *underdrain* diecerkan dengan NaCl 0,8% agar sel bakteri tidak pecah. Berikut Tabel 4.6 hasil pengukuran *total coliforms* awal dan akhir. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa 95% *total coliforms* tertinggal dalam media filter berarti menandakan bahwa mayoritas bakteri tersebut dalam keadaan tersuspensi. Di dalam *cake* dalam keadaan anaerobik bakteri *coliform* ikut berperan dalam proses biologis dalam mendegradasi bahan organik, selain itu bakteri baru akan terbentuk dikarenakan kandungan nutrisi (amonium) meningkat di dalam reaktor.

**Tabel 4.6 Hasil Pengukuran *Total Coliforms* Filtrat**

Variabel/ Hari ke-	Jumlah <i>Total Coliforms</i> (MPN/100mL)	
	Awal	Akhir
P1 (20,10)	$7 \times 10^5$	$8 \times 10^4$
P2 (20,15)	$4 \times 10^5$	$23 \times 10^4$
P3 (20,20)	$34 \times 10^4$	$2 \times 10^5$
P4 (30,10)	$27 \times 10^4$	$21 \times 10^4$
P5 (30,15)	$4 \times 10^4$	$2 \times 10^4$
P6 (30,20)	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^5$
P7 (40,10)	$34 \times 10^4$	$2 \times 10^5$
P8 (40,15)	$8 \times 10^4$	$3 \times 10^5$
P9 (40,20)	$2 \times 10^5$	$8 \times 10^4$

#### 4.3.7 Hubungan Antar Parameter pada Unit SSC

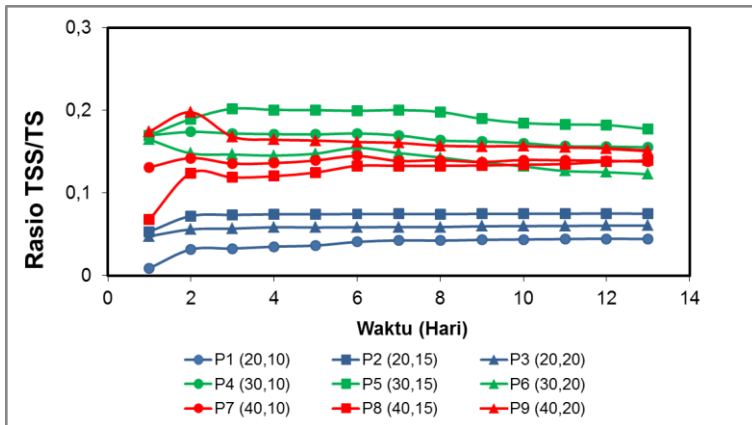
Hubungan antar parameter dapat menunjukkan besarnya kandungan tersuspensi dan terlarut dalam lumpur tinja. Pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD >99% yang menunjukkan bahwa mayoritas kandungan lumpur tinja adalah bahan organik. Semakin besar penyisihan COD maka semakin besar pula penyisihan TSS, Amonium, BOD<sub>5</sub>, dan *Total coliforms*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa zat padatan, zat terlarut, maupun bakteri *coliform* pada lumpur tinja termasuk zat organik. Efisiensi penyisihan amonium yang besar disebabkan degradasi N organik menjadi amonium tertahan pada *cake*. Pada proses penyisihan bahan organik yang memiliki efisiensi terbesar juga sebanding dengan efisiensi penyisihan TSS, sehingga dapat disimpulkan bahwa kecenderungan lumpur tinja dalam keadaan tersuspensi. Sedangkan efisiensi TS paling kecil, hal ini menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan pada media filter hanya mampu menyisihkan keadaan tersuspensi sedangkan keadaan terlarut keluar bersama dengan filtrat. Oleh sebab itu, pengolahan fisik tidak mampu mengolah lumpur tinja secara keseluruhan harus dilengkapi dengan pengolahan lanjutan.



Gambar 4.9 Hubungan Antar Parameter

#### 4.3.8 Rasio TSS/TS, COD/TSS, dan BOD<sub>5</sub>/COD

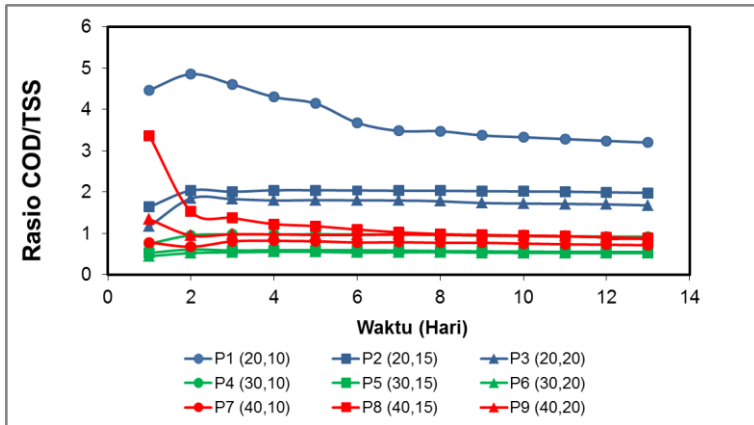
Semakin kecil nilai rasio TSS/TS (Gambar 4.10) menunjukkan bahwa kecenderungan limbah tersebut dalam keadaan tersuspensi. Hal ini menunjukkan bahwa zat-zat tersuspensi tersebut tertahan di dalam reaktor sedangkan zat terlarut keluar bersama dengan filtrat. Kandungan tersuspensi menempel pada media filter dengan metode *straining* yaitu menempel pada permukaan dikarenakan ukuran pori-pori media lebih kecil dibandingkan dengan partikel tersuspensi, selain itu juga dikombinasi dengan metode sedimentasi yang dipengaruhi gaya gravitasi. Pada ketebalan lumpur 20 cm zat tersuspensi tertinggal sedangkan zat terlarut keluar dan terukur sebagai nilai TS.



Gambar 4.10 Rasio TSS/TS

Pada ketebalan 20 cm media masih efektif karena lumpur yang masuk sedikit, sedangkan semakin tebal lumpur maka akan terjadi keadaan jenuh pada media yang ditandai dengan penurunan efisiensi. Pada gambar dapat dilihat pada ketebalan lumpur 30 cm dan 40 cm memiliki rasio TSS/TS lebih besar dibandingkan dengan ketebalan 20 cm yang menandakan bahwa

semakin tebal lumpur efisiensi penyisihan TSS semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena media filter sudah dalam keadaan jenuh sehingga kemampuan dalam penyisihan zat padat berkurang.

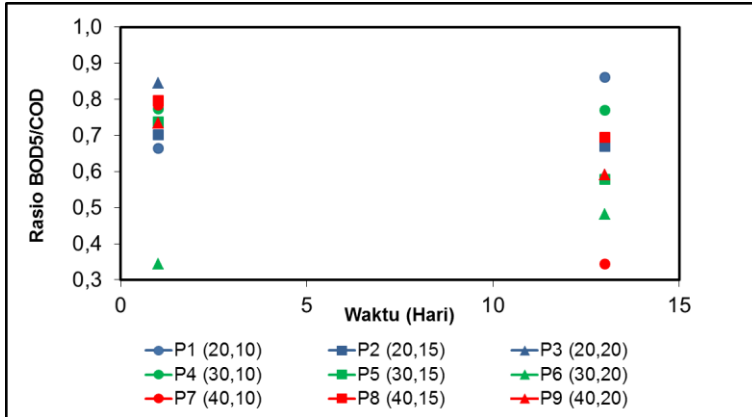


**Gambar 4.11 Rasio COD/TSS**

Pada rasio COD/TSS (Gambar 4.11) menunjukkan nilai lebih dari 1 yang artinya bahwa zat organik yang terkandung dalam lumpur tinja tidak hanya dalam bentuk tersuspensi melainkan dalam bentuk terlarut. Pada grafik menunjukkan penurunan yang dapat disebabkan dari semakin jenuhnya media filter sehingga konsentrasi TSS meningkat akibat dari efisiensi penyisihan zat tersuspensi semakin berkurang sedangkan pada konsentrasi COD dapat dipengaruhi oleh mikroorganisme yang tumbuh di dalam reaktor. Mikroorganisme anaerobik tumbuh dan menguraikan zat organik menjadi  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , dan air. Sehingga penurunan atau peningkatan konsentrasi COD tidak secara signifikan dipengaruhi oleh media filter saja melainkan dipengaruhi oleh penguraian mikroorganisme.

Nilai rasio  $\text{BOD}_5/\text{COD}$  (Gambar 4.12) digunakan untuk mengetahui tingkat *biodegradable* dari filtrat lumpur tinja. Hal ini dapat digunakan sebagai rekomendasi pengolahan selanjutnya

setelah proses di SSC. Pada penelitian ini menghasilkan nilai  $BOD_5/COD$  yang cenderung lebih besar dari 0,5, sehingga menunjukkan bahwa filtrat SSC cenderung mengandung zat organik yang mudah diuraikan secara biologis.



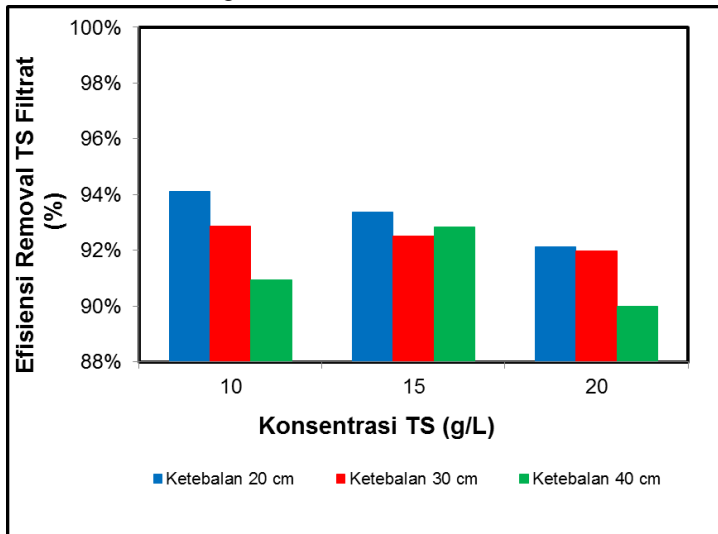
**Gambar 4.12 Rasio  $BOD_5/COD$**

Direkomendasikan dari hasil rasio  $BOD_5/COD$  menunjukkan bahwa pengolahan lanjutan lumpur tinja setelah unit SSC adalah pengolahan biologis.

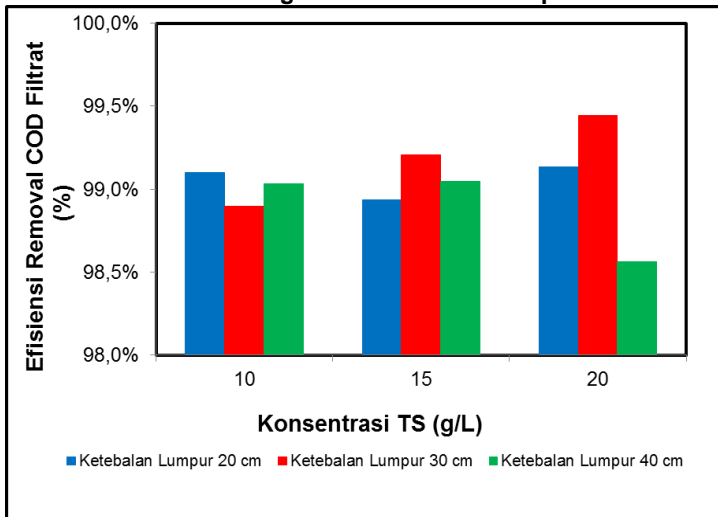
#### **4.4 Pengaruh Konsentrasi *Total Solids* terhadap Penyisihan Polutan pada Unit SSC**

Besarnya pengaruh konsentrasi TS dalam menyisihkan polutan pada unit SSC dapat dilihat dari hubungan antar parameter. Pada Gambar 4.13-4.14 menunjukkan hubungan removal polutan yang dipengaruhi oleh konsentrasi TS. Pada Gambar 4.13 menunjukkan bahwa konsentrasi TS yang masuk mempengaruhi besarnya efisiensi penyisihan TS yang keluar melalui filtrat. Hal ini menunjukkan semakin pekat TS semakin besar kandungan zat tersuspensi yang akan tertinggal pada

media filter saat terjadi filtrasi, sedangkan zat yang terlarut akan keluar bersama dengan filtrat.



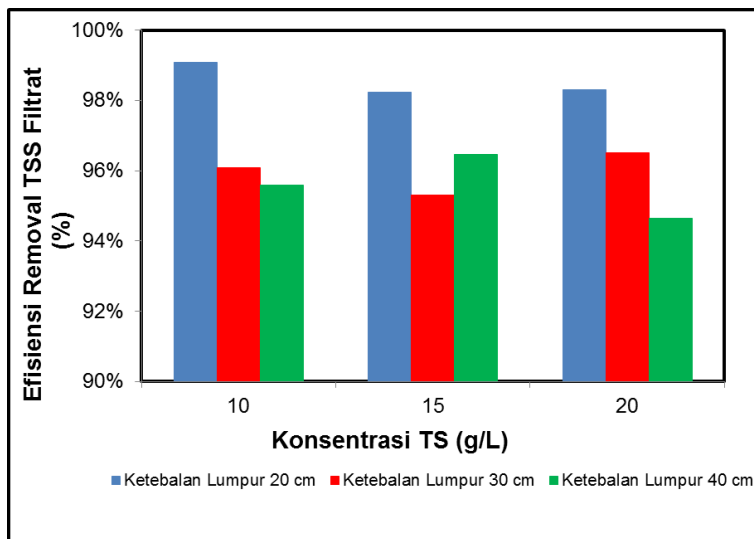
**Gambar 4.13 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi TS**



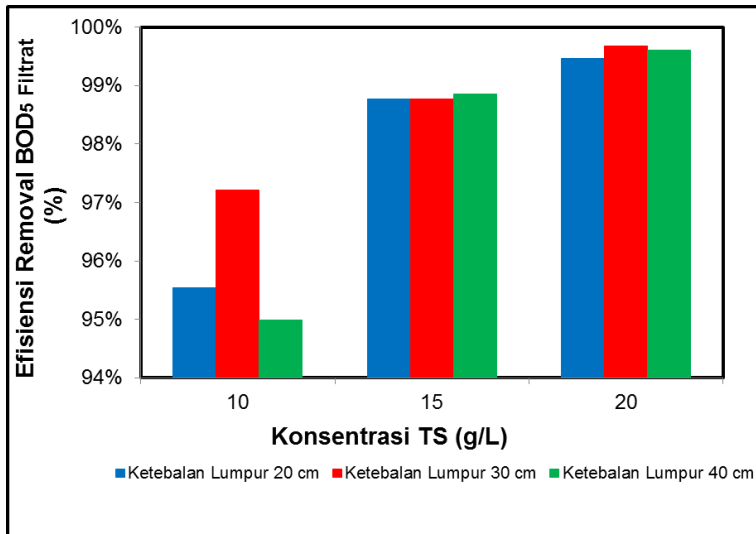
**Gambar 4.14 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi COD**

Hal ini sebanding dengan efisiensi penyisihan COD (Gambar 4.14) yang menunjukkan semakin besar konsentrasi TS masuk semakin besar pula penyisihan COD pada unit SSC. Sehingga menandakan bahwa mayoritas COD dalam keadaan tersuspensi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa zat tersuspensi dari lumpur tinja bersifat zat organik mudah diuraikan.

Hubungan Konsentrasi TS yang masuk terhadap efisiensi TSS (Gambar 4.15) menunjukkan bahwa konsentrasi TS mempengaruhi besarnya efisiensi penyisihan pada TSS, hal ini ditunjukkan dari pola penyisihan yang dominan sama. Semakin besar konsentrasi TS akan mempengaruhi besarnya penyisihan TSS yang keluar melalui filtrat.



**Gambar 4.15 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi TSS**



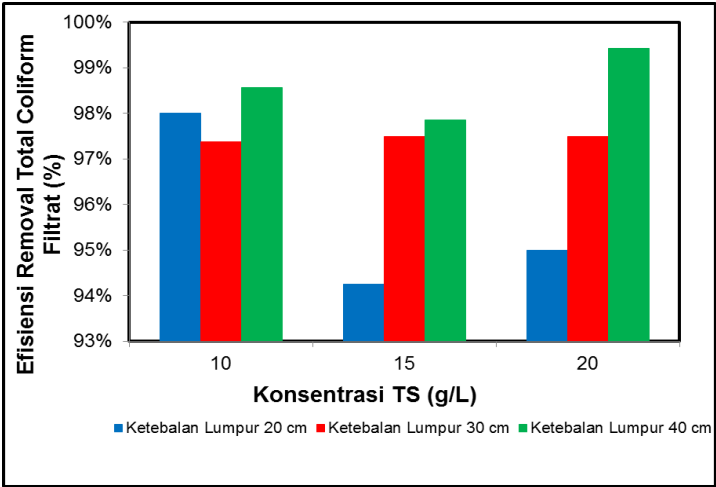
**Gambar 4.16 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi BOD<sub>5</sub>**

Pada efisiensi penyisihan BOD<sub>5</sub> menunjukkan bahwa terjadi hubungan antara konsentrasi TS yang masuk terhadap penyisihan BOD<sub>5</sub>. Hal ini selaras dengan hubungan TS masuk terhadap TSS. Pada Gambar 4.15 dan 4.16 terlihat bahwa besarnya efisiensi TSS berbanding terbalik terhadap besarnya efisiensi BOD<sub>5</sub>. Sehingga semakin besar nilai TSS maka nilai BOD<sub>5</sub> akan semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa zat tersuspensi pada lumpur tinja akan terakumulasi pada media filter dan zat terlarut didegradasi oleh mikroorganisme yang terukur sebagai nilai BOD<sub>5</sub>.

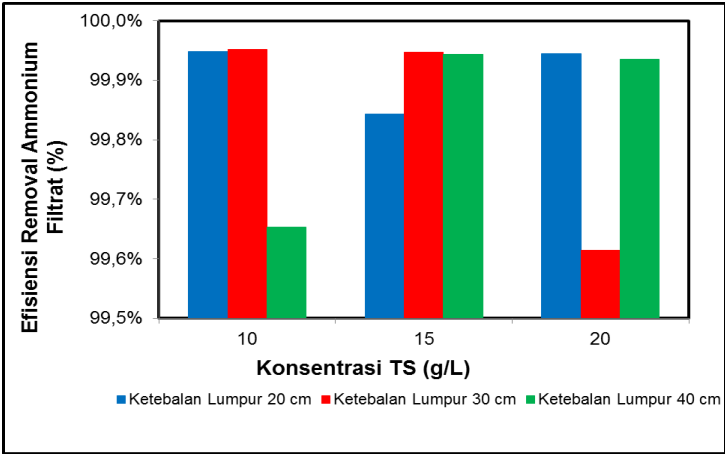
Pada Gambar 4.17 menunjukkan terdapat hubungan antara konsentrasi TS masuk terhadap efisiensi *total coliforms*. Semakin besar pekat konsentrasi TS semakin besar penyisihan *total coliforms*. Semakin pekat TS menunjukkan semakin besar zat tersuspensi yang akan tertinggal di dalam media, sedangkan zat terlarut akan keluar bersama dengan filtrat. Hal ini



menunjukkan bahwa mayoritas *total coliforms* di dalam lumpur tinja terikat dalam bentuk tersuspensi.



Gambar 4.17 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi *Total Coliforms*



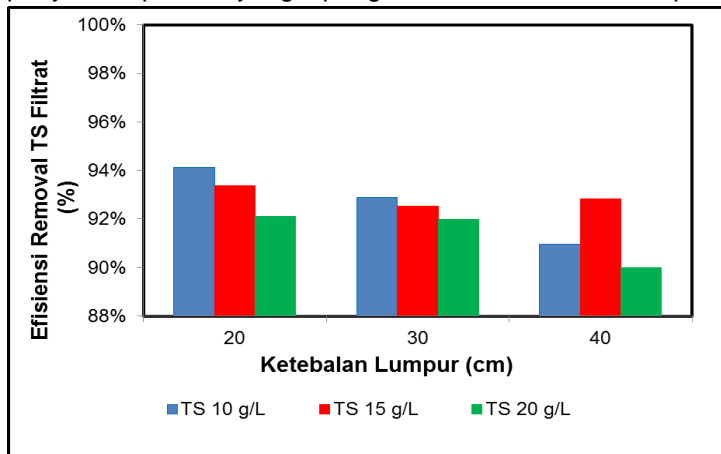
Gambar 4.18 Hubungan TS Masuk terhadap Efisiensi Amonium

Pada Gambar 4.18 menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh antara efisiensi penyisihan amonium terhadap perubahan konsentrasi TS yang masuk pada unit SSC. Hal ini menunjukkan bahwa semakin pekat atau encer lumpur tinja yang akan masuk ke dalam unit SSC tidak mempengaruhi besarnya efisiensi penyisihan pada nutrisi.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi TS yang masuk mempengaruhi besarnya penyisihan pada TS, COD, dan Total Coliform, sedangkan menurut uji statistika menggunakan SPSS 22 dengan metode *Anova One Way* menunjukkan hanya TS yang keluar bersama filtrat yang dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi TS masuk pada unit SSC.

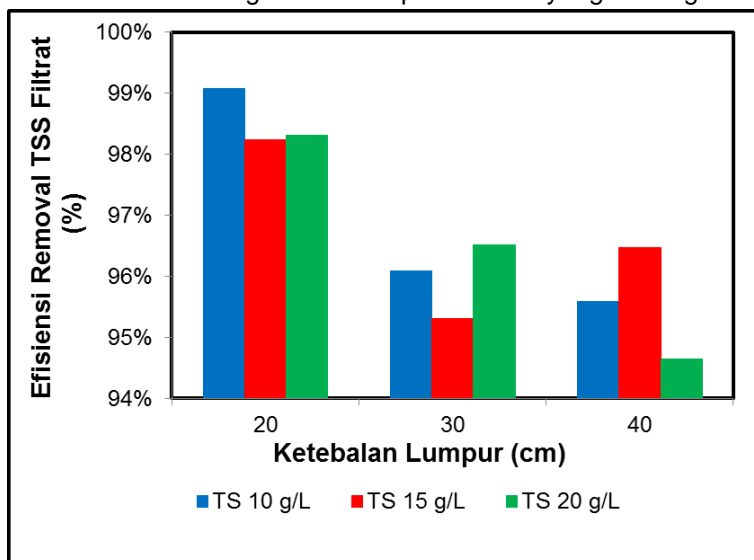
#### 4.5 Pengaruh Ketebalan Lumpur terhadap Penyisihan Polutan pada Unit SSC

Besarnya pengaruh ketebalan lumpur dalam menyisihkan polutan pada unit SSC dapat dilihat dari hubungan antar parameter. Pada Gambar 4.19-4.23 menunjukkan hubungan penyisihan polutan yang dipengaruhi oleh ketebalan lumpur.



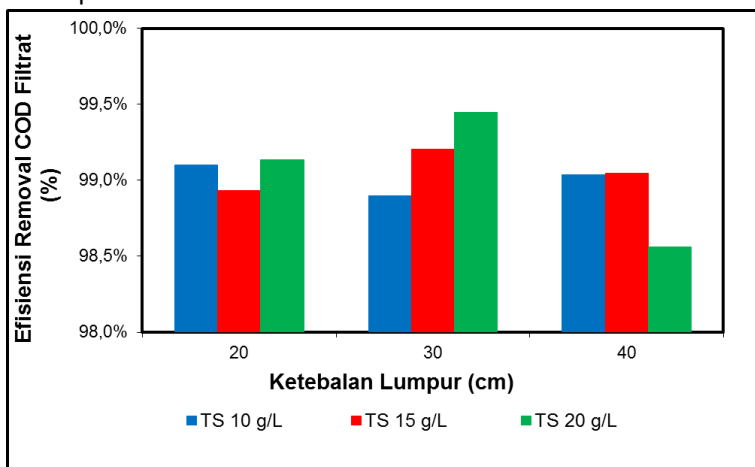
Gambar 4.19 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap TS

Pada Gambar 4.19 menunjukkan bahwa ketebalan lumpur berpengaruh terhadap penyisihan TS. Semakin tebal lumpur efisiensi penyisihan semakin naik, hal ini menunjukkan bahwa partikel-partikel pada lumpur tinja lebih besar dibandingkan pori-pori media filter sehingga partikel terakumulasi dibagian atas media filter sebagai *cake*. Sedangkan pada penyisihan TSS menunjukkan bahwa lumpur yang paling tipis memiliki efisiensi terbesar (Gambar 4.20) kemudian turun pada ketebalan 30 cm dan naik kembali pada ketebalan 40 cm. Hal ini menunjukkan semakin tipis lumpur semakin memudahkan media dalam mengalirkan filtrat dan media lebih lama untuk menjadi jenuh dibandingkan dengan media yang memiliki lumpur yang lebih tebal. Efisiensi penyisihan TSS sebanding terhadap ketebalan lumpur semakin tipis dan semakin tebal memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan terhadap ketebalan yang sedang.



**Gambar 4.20 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap TSS**

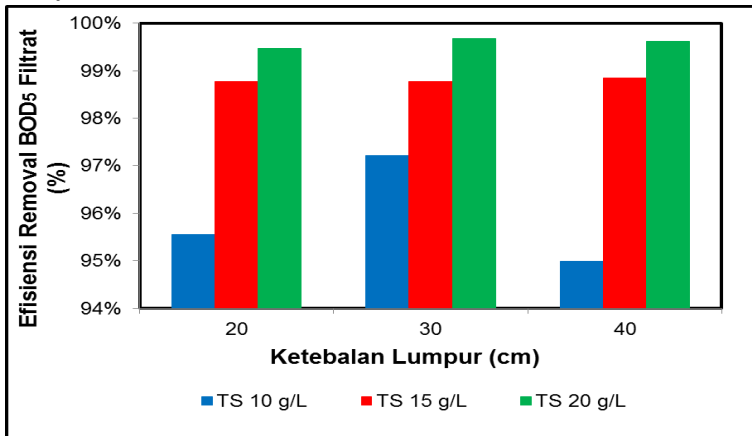
Hubungan antara ketebalan lumpur terhadap COD (Gambar 4.21) dan BOD<sub>5</sub> (Gambar 4.22) menunjukkan saling berpengaruh. Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan lumpur mempengaruhi besarnya penyisihan bahan organik di dalam SSC, yang dibuktikan dengan terbentuknya pola dominan yang semakin menurun. Semakin tebal lumpur efisiensi penyisihan COD akan menurun pada konsentrasi TS semakin pekat sedangkan pada keadaan encer akan semakin besar efisiensinya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tebal lumpur dan konsentrasi TS semakin pekat, akan mempengaruhi besarnya penyisihan. Sedangkan pada BOD<sub>5</sub> berbanding terbalik dengan COD, bahwa semakin tebal lumpur dan konsentrasi TS semakin pekat efisiensi BOD<sub>5</sub> semakin besar. Keadaan ini menunjukkan bahwa BOD<sub>5</sub> lebih besar dalam keadaan tersuspensi.



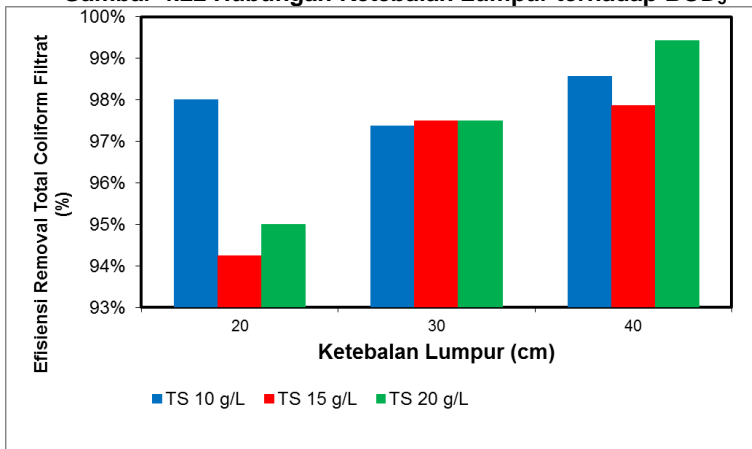
**Gambar 4.21 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap COD**

Ketebalan lumpur mempengaruhi besarnya penyisihan *total coliforms* pada unit SSC (Gambar 4.23) yang ditunjukkan dengan pola yang sama. Semakin tebal lumpur semakin besar efisiensi penyisihan *total coliforms*, hal ini menunjukkan bahwa

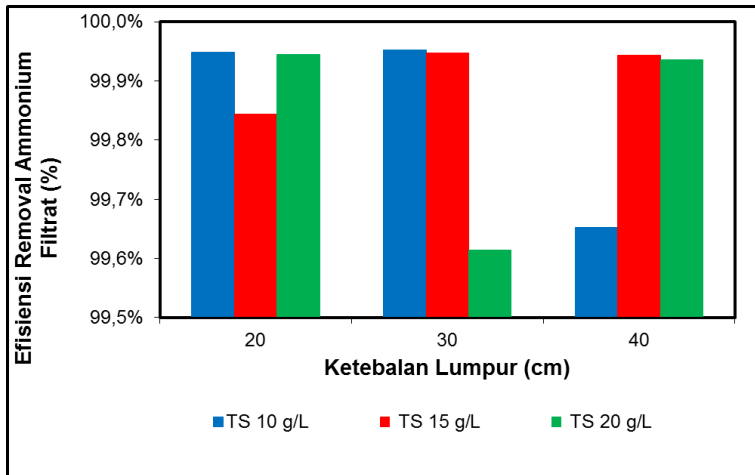
*total coliforms* lebih besar dalam keadaan partikel besar dibandingkan terlarut. Semakin tebal lumpur semakin besar partikel-partikel yang terakumulasi di atas media atau di dalam media filter, sehingga memperlambat kecepatan aliran tetapi dapat membantu dalam penyisihan partikel dalam lumpur tinja. Hal inilah yang menyebabkan efisiensi penyisihan *total coliforms* menjadi besar.



**Gambar 4.22 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap BOD<sub>5</sub>**



**Gambar 4.23 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap Total Coliforms**



**Gambar 4.24 Hubungan Ketebalan Lumpur terhadap Amonium**

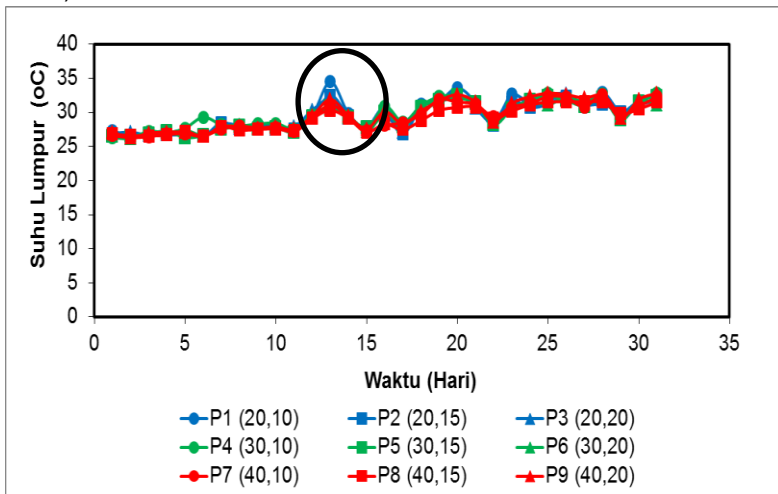
Pada Gambar 4.24 menunjukkan bahwa ketebalan lumpur tidak mempengaruhi penyisihan amonium pada unit SSC, hal ini dibuktikan dengan tidak terjadinya pola yang sama pada gambar. Keadaan ini menunjukkan bahwa semakin tebal atau tipis lumpur tinja yang akan dimasukkan pada unit SSC tidak akan mempengaruhi penyisihan nutrisi pada unit tersebut. Lumpur tinja masuk telah mengandung amonium yang tinggi dan diakumulasi dengan degradasi nitrogen organik menjadi amonium. Nutrien ini digunakan oleh mikroorganisme untuk membentuk sel baru, misalnya *total coliforms* yang berkembangbiak dalam kondisi anaerobik.

Berdasarkan uji statistika menggunakan SPSS 22 dengan metode *Anova one way* menunjukkan bahwa ketebalan lumpur mempengaruhi efisiensi penyisihan TS, TSS, dan COD. Hal ini sebanding dengan hasil yang didapat bahwa ketebalan lumpur mempengaruhi penyisihan TS dan TSS.

## 4.6 Analisis Cake pada Unit SSC

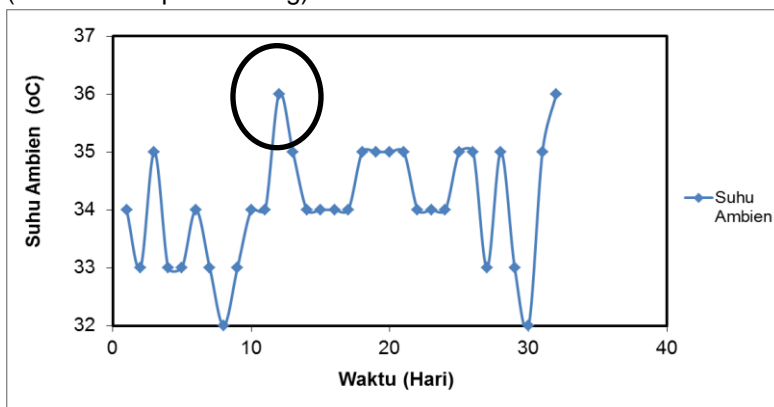
### 4.6.1 Hasil Perubahan Suhu Ambien dan Lumpur

Pengukuran suhu dilakukan pada suhu ambien dan suhu lumpur. Hal ini diperlukan untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu ambien dan lumpur dalam proses pengeringan. Hasil pengukuran suhu lumpur pada Gambar 4.25 dan pada ambien Gambar 4.26. Suhu memiliki peranan penting dalam proses pengeringan karena meningkatkan laju evaporasi (Stefanakis dan Tsihrintzis, 2011). Peningkatan suhu ambien selaras dengan peningkatan suhu lumpur, seperti pada hari ke-13 terjadi peningkatan suhu ambien yang diikuti dengan kenaikan suhu lumpur. Suhu tinggi dengan kelembaban relatif rendah dan didukung oleh kecepatan angin akan meningkatkan jumlah total air yang dihilangkan melalui penguapan (Dodane dan Ronteltap, 2014).



Gambar 4.25 Hasil Pengukuran Suhu Lumpur

Berdasarkan uji statistik menggunakan *Anova One Way* dihasilkan bahwa suhu lumpur (Lampiran 2F) mempengaruhi besarnya penyisihan polutan TS dan TSS yang keluar melalui filtrat. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kandungan lumpur tinja lebih besar dalam keadaan tersuspensi yang tertinggal dalam media filter, sedangkan untuk TS sendiri juga dipengaruhi besarnya konsentrasi TSS semakin besar TSS keadaan lumpur semakin pekat sehingga akan menyebabkan perbedaan akumulasi TSS pada *cake*. Zat tersuspensi yang tertinggal akan terakumulasi menjadi *cake* dan dibuang pada kadar air 50% (standar kompos matang).



**Gambar 4.26 Hasil Pengukuran Suhu Ambien Disekitar Reaktor**

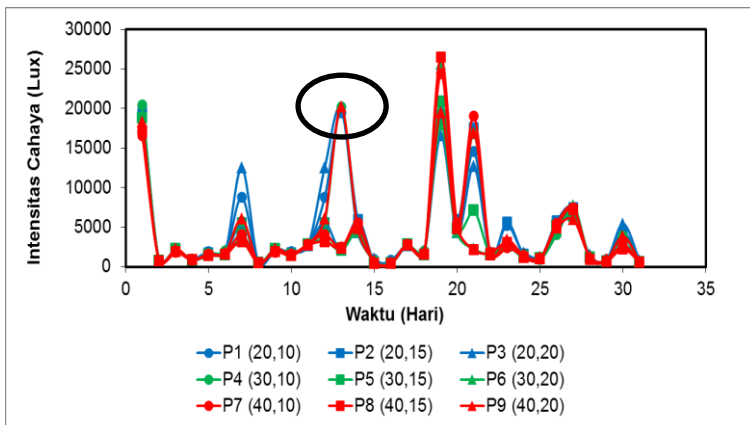
#### 4.6.2 Hasil Perubahan Intensitas Cahaya

Proses pengeringan lumpur sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Intensitas cahaya matahari sebanding dengan suhu yang akan dihasilkan (Winangsih *et al.*, 2013). Semakin besar intensitas, maka suhu yang terukur semakin besar dan proses evaporasi akan berjalan lebih cepat. Menurut Winangsih *et al.* (2013), bahwa pengeringan dengan matahari langsung merupakan proses yang paling ekonomis dan paling mudah dilakukan. Hasil pengukuran intensitas cahaya



dapat dilihat pada Gambar 4.27. Selain karena suhu dan intensitas cahaya, pengeringan di tempat terbuka juga dipengaruhi oleh pergerakan angin. Pengeringan dengan bantuan angin dianggap lebih ekonomis tetapi kurang efisien dalam segi waktu (Winangsih *et al.*, 2013).

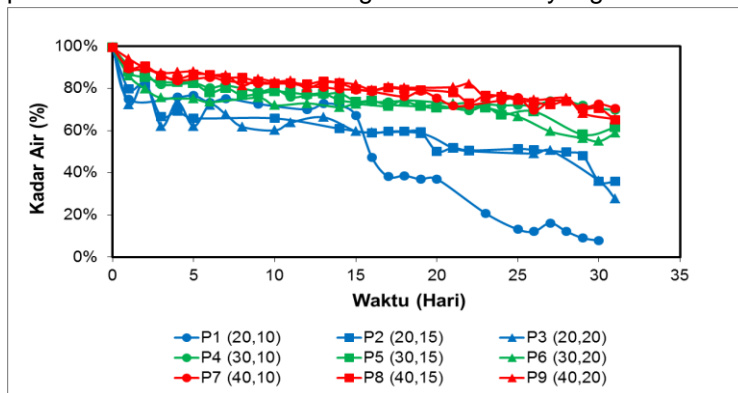
Berdasarkan uji statistik menggunakan *Anova One Way* dihasilkan bahwa intensitas cahaya (Lampiran 2G) mempengaruhi besarnya penyisihan polutan TS, TSS, dan COD yang keluar melalui filtrat. Hal ini menunjukkan bahwa polutan tersebut lebih besar dalam keadaan tersuspensi. Pada intensitas cahaya yang besar penguapan akan terjadi dengan maksimal sehingga konsentrasi zat tersuspensi semakin pekat dengan tertinggal pada media filter. Polutan BOD<sub>5</sub>, *total coliforms*, dan amonium tidak berpengaruh yang disebabkan karena kecenderungan polutan tersebut dalam keadaan terlarut dan keluar bersama dengan filtrat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa intensitas cahaya mempengaruhi besarnya penyisihan polutan padatan dan zat organik.



**Gambar 4.27 Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya**

#### 4.6.3 Hasil Penurunan Kadar Air Lumpur

Pengeringan merupakan penghilangan kadar air dari suatu bahan (Huda, 2008). Proses utama yang terjadi dalam proses pengeringan adalah penguapan. Faktor yang mempengaruhi pengeringan yaitu luas permukaan, suhu pengeringan, aliran udara, tekanan uap air, dan sumber energi yang digunakan dalam pengeringan (Huriawati *et al.*, 2016). Selain hal tersebut, tipe lumpur tinja juga dapat mempengaruhi proses pengeringan. Lumpur yang berasal dari tangki septik lebih sedikit mengikat air sehingga lebih stabil dibandingkan dengan lumpur tinja yang baru (Kone *et al.*, 2007). Berikut Gambar 4.13 hasil pengeringan selama 30 hari penelitian. Pada hasil tersebut terdapat beberapa keadaan dimana terjadi kenaikan kadar air, tetapi masih dalam rentang 4%. Menurut *Standart Method* (2006), kadar air dianggap stabil jika memiliki selisih  $\pm 4\%$ . Menurut Musy dan Higy (2004), bahwa ketebalan dan luas area pengeringan berpengaruh besar dalam proses evaporasi. Kadar air pada ketinggian lumpur paling kecil memiliki kecepatan pengeringan lebih cepat dibandingkan yang lain. Selain karena proses filtrasi, ketebalan lumpur 20 cm memiliki beban massa organik dan padatan lebih sedikit dibandingkan ketebalan yang lain.



Gambar 4.28 Hasil Penurunan Kadar Air

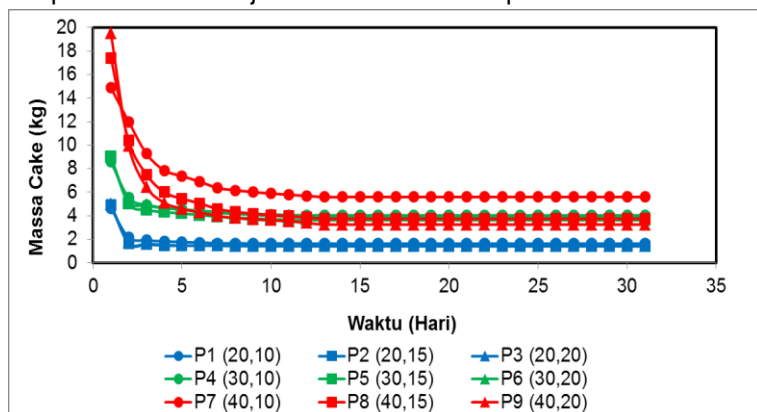
Menurut penelitian Dodane dan Ronteltap (2014), bahwa ketebalan lumpur yang efektif digunakan adalah 20 cm dan 30 cm, meskipun 20 cm yang lebih direkomendasikan, sedangkan kondisi Pescod (1971), menemukan bahwa peningkatan lapisan lumpur hanya 10 cm akan meningkatkan laju pengeringan hingga 50-100%. Semakin besar total massa suatu benda, semakin banyak energi yang diperlukan untuk proses evaporasi (Bassan *et al.*, 2014). Kecepatan angin juga memiliki efek pada tingkat penguapan, karena meningkatkan penggantian udara jenuh dengan udara kering (Musy dan Higy, 2004).

Pada ketebalan lumpur 30 cm kadar air rata-rata masih mencapai 65% sedangkan 40 cm mencapai 67%. Hal ini menunjukkan bahwa pada ketebalan tersebut belum memenuhi standar kualitas kompos, sedangkan ketebalan 20 cm sudah memenuhi kriteria karena kurang dari 50%. Pada ketebalan 20 cm direkomendasikan untuk diterapkan, selain efisiensi penyisihan masih besar pada ketebalan tersebut memiliki kadar air yang sesuai dengan kompos jadi dan waktu pengisian yang lebih lama dibandingkan dengan ketebalan lain meskipun *cake* yang dihasilkan sama yaitu 50 cm (maksimal *cake* yang boleh masuk SSC).

#### **4.6.4 Massa *Cake***

*Cake* merupakan lumpur yang tertahan di unit SSC yang masih mengandung kadar air, sedangkan *cake* yang sudah tidak mengandung kadar air (mendekati 0%) disebut *dry solid*. Menurut Metcalf dan Eddy (2003), lumpur disebut sebagai *cake* jika mengandung kadar solid sebesar 38-45%. Menurut Badji (2008), bahwa bahan-bahan tersuspensi pada lumpur tinja akan tertinggal dan mengendap di dalam unit pengolahan. Pada Gambar 4.29 terbentuk grafik yang semakin menurun, hal ini menunjukkan bahwa kadar air dalam *cake* semakin menurun pula seiring dengan semakin lamanya proses pengeringan. Selain

kadar air, penurunan massa *cake* setiap hari dipengaruhi oleh penghilangan massa filtrat melalui *underdrain* dan evaporasi. Pada hari ke-5 dan seterusnya massa *cake* semakin stabil hal ini dipengaruhi oleh laju filtrasi yang sudah mulai menurun. Keadaan ini dapat disebabkan karena kandungan air di dalam *cake* sudah sedikit dan media filter dalam keadaan jenuh. Saat media filter dalam keadaan jenuh pori-pori media telah tersumbat yang mengakibatkan laju filtrasi semakin berkurang. Selain itu juga karena proses evaporasi yang semakin berkurang pula, semakin pekat kandungan *cake* semakin susah untuk terjadi proses evaporasi. Hal ini terjadi karena air terikat pada *cake* tersebut.

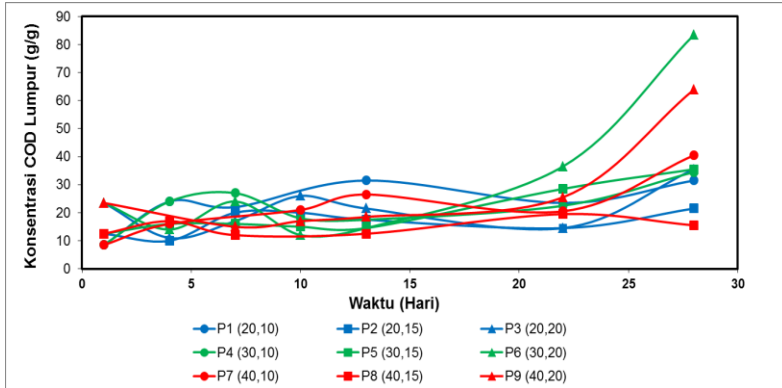


**Gambar 4.29 Massa Cake Setiap Reaktor**

#### 4.6.5 Hasil Analisis COD Lumpur

Pada Gambar 4.30 menunjukkan COD lumpur semakin meningkat seiring dengan penurunan kadar air. Selain berbanding terbalik dengan kadar air COD lumpur juga berbanding terbalik dengan massa *cake* yang terjadi di dalam reaktor. Semakin lama waktu pengeringan maka *cake* semakin mengental sehingga konsentrasi COD lumpur semakin meningkat. Menurut penelitian Badji (2008), bahwa sekitar 50% COD influen menetap dalam lumpur dan sisanya keluar melalui

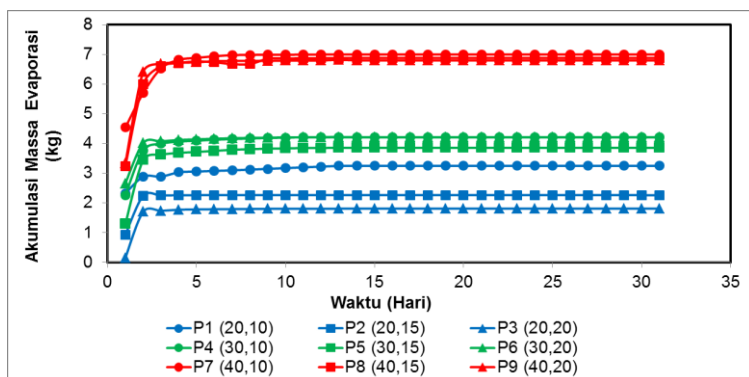
filtrat. Hasil efisiensi penyisihan COD filtrat menunjukkan bahwa kandungan bahan organik mayoritas dalam keadaan tersuspensi. Keadaan ini menyebabkan bahan organik akan tertahan di dalam lumpur dan terukur sebagai COD lumpur.



**Gambar 4.30 Hasil Analisis COD Lumpur**

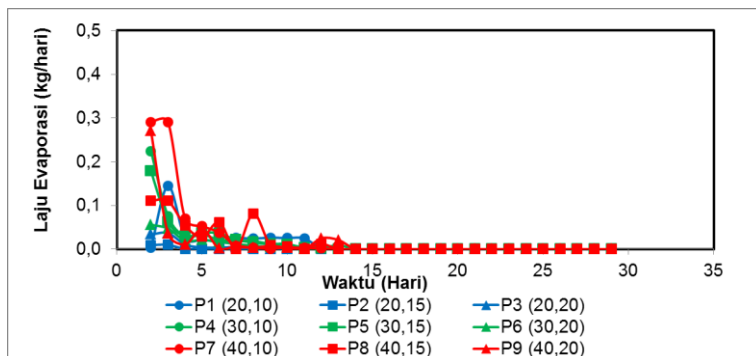
#### 4.6.6 Massa Evaporasi

Penguapan terjadi ketika kandungan air dilepaskan ke udara sebagai uap. Energi yang diperlukan dalam penguapan diperoleh dari energi matahari. Selain energi, hal yang mempengaruhi seperti iklim, suhu, dan kelembaban udara. Parameter penting adalah ketebalan bahan yang dikeringkan dan total area pengeringan. Permukaan dari tempat evaporasi juga mempengaruhi tingkat penguapan (misalnya : penguapan air bebas lebih mudah dibandingkan dengan air di dalam lumpur pada energi yang sama) (Musy dan Higy, 2004). Semakin besar total massa suatu benda, semakin besar energi yang disimpan, sehingga meningkatkan kebutuhan panas untuk penguapan. Kecepatan angin juga memiliki efek pada tingkat evaporasi, karena meningkatkan penggantian udara jenuh dengan udara kering (Bassan *et al.*, 2014). Berikut Gambar 4.31 akumulasi massa evaporasi yang didapatkan dari proses perhitungan.

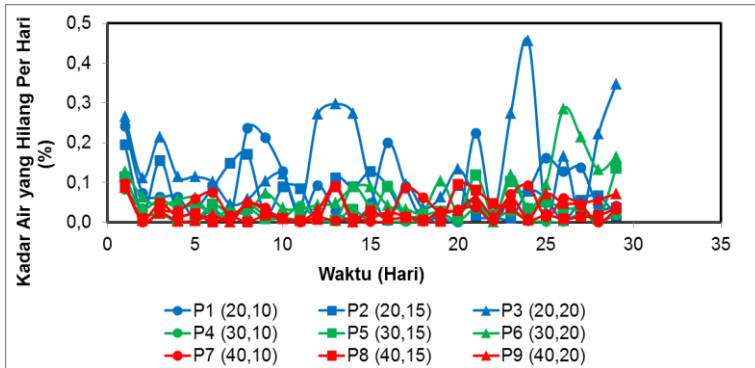


**Gambar 4.31 Akumulasi Massa Evaporasi Setiap Reaktor**

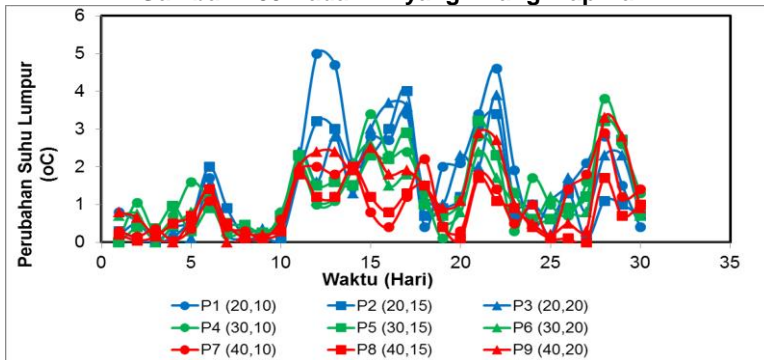
Semakin pekat *cake* maka filtrat akan terikat dan lebih susah diuapkan dibandingkan dalam keadaan bebas. Berikut hasil perhitungan evaporasi per harinya (Gambar 4.32) dan persentase kandungan air yang hilang karena evaporasi (Gambar 4.33). Hasil perhitungan menunjukkan terjadi penurunan pada hari pertama dan stabil setelah hari ke-5. Pada gambar ditunjukkan bahwa alur laju evaporasi sebanding dengan hilangnya kadar air setiap hari. Semakin stabil laju evaporasi maka proses evaporasi semakin kecil dan filtrat tertahan di dalam *cake* atau keluar melalui *underdrain*.



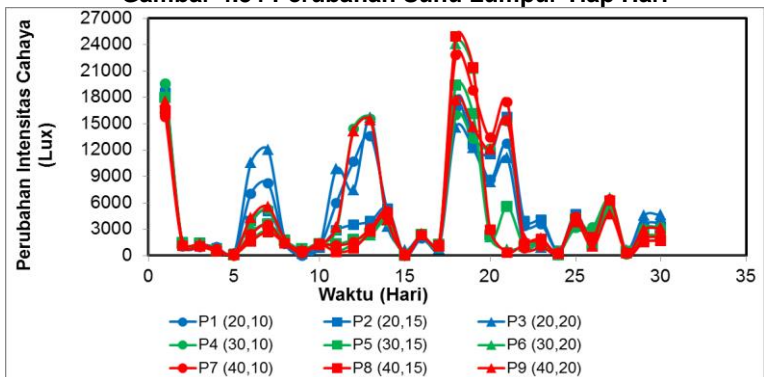
**Gambar 4.32 Laju Evaporasi Per Hari**



**Gambar 4.33 Kadar Air yang Hilang Tiap Hari**



**Gambar 4.34 Perubahan Suhu Lumpur Tiap Hari**



**Gambar 4.35 Perubahan Intensitas Cahaya Tiap Hari**

Pada Gambar 4.33, 4.34, dan 4.35 dapat dilihat bahwa terdapat pola yang hampir sama, hal ini dapat menunjukkan bahwa proses hilangnya kadar air setiap hari dipengaruhi oleh perubahan suhu dan intensitas yang terjadi setiap hari. Intensitas cahaya matahari menembus *cake* kemudian tertahan di dalam *cake* sebagai suhu lumpur. Intensitas cahaya yang besar dan waktu penyinaran yang lama akan menghasilkan suhu lumpur yang besar. Suhu inilah yang akan mengkonversi kadar air di dalam *cake* menjadi uap air dan keluar dari *cake*, sehingga kadar air di dalam *cake* semakin berkurang.

#### 4.6.7 Hasil Analisis Amonium Lumpur

Nutrien dalam lumpur tersedia dalam bentuk organik dan anorganik. Bentuk anorganik lebih banyak tersedia dibandingkan nutrisi organik, misalnya  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ .

**Tabel 4.7 Konsentrasi Ammonia Lumpur**

Variabel/ Hari ke-	Konsentrasi Amonium Lumpur (mg/L)	
	Awal	Akhir
P1 (20,10)	176	378
P2 (20,15)	134	899
P3 (20,20)	92	761
P4 (30,10)	235	559
P5 (30,15)	189	634
P6 (30,20)	151	492
P7 (40,10)	139	714
P8 (40,15)	97	315
P9 (40,20)	206	571

Pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa konsentrasi amonium semakin meningkat sebanding dengan semakin lamanya proses pengeringan lumpur. Proses didalam unit terjadi selama 1 bulan sehingga menyebabkan kondisi anaerobik yang

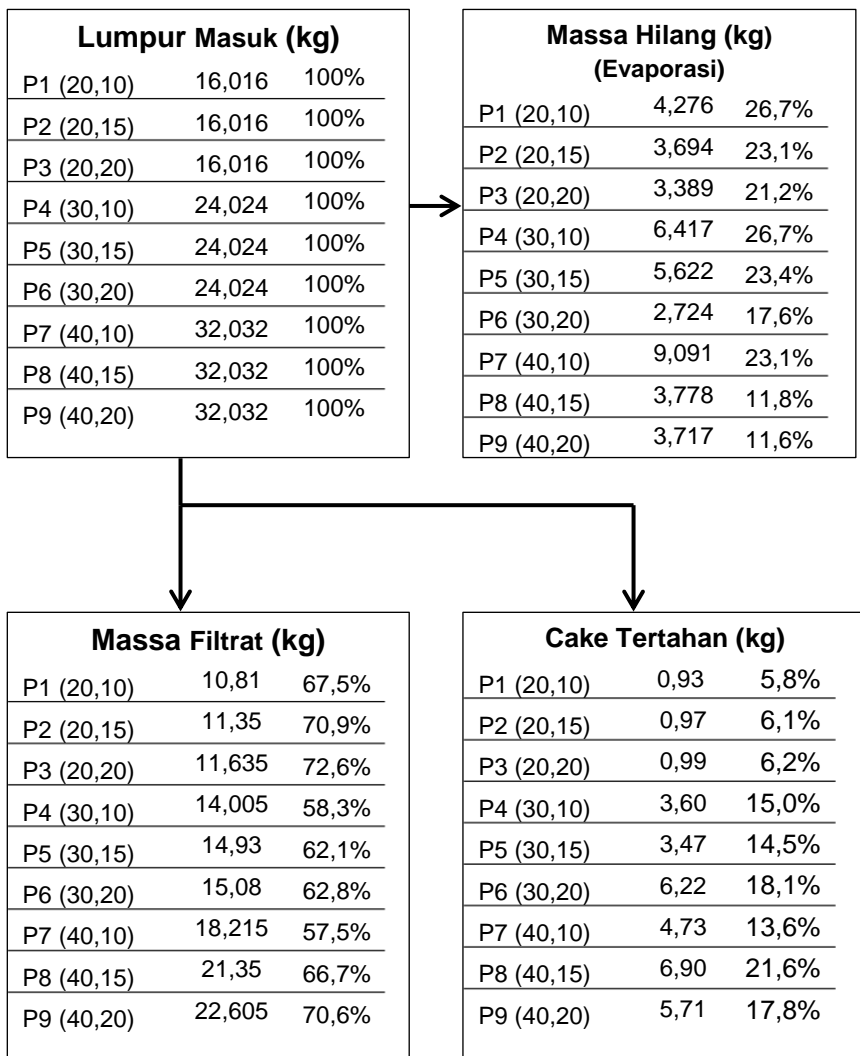


menyebabkan tidak terbentuknya proses nitrifikasi (Bassan *et al.*, 2014). Sehingga amonia nitrogen di dalam unit SSC akan terakumulasi di dalam lumpur. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan nilai amonium pada *cake*.

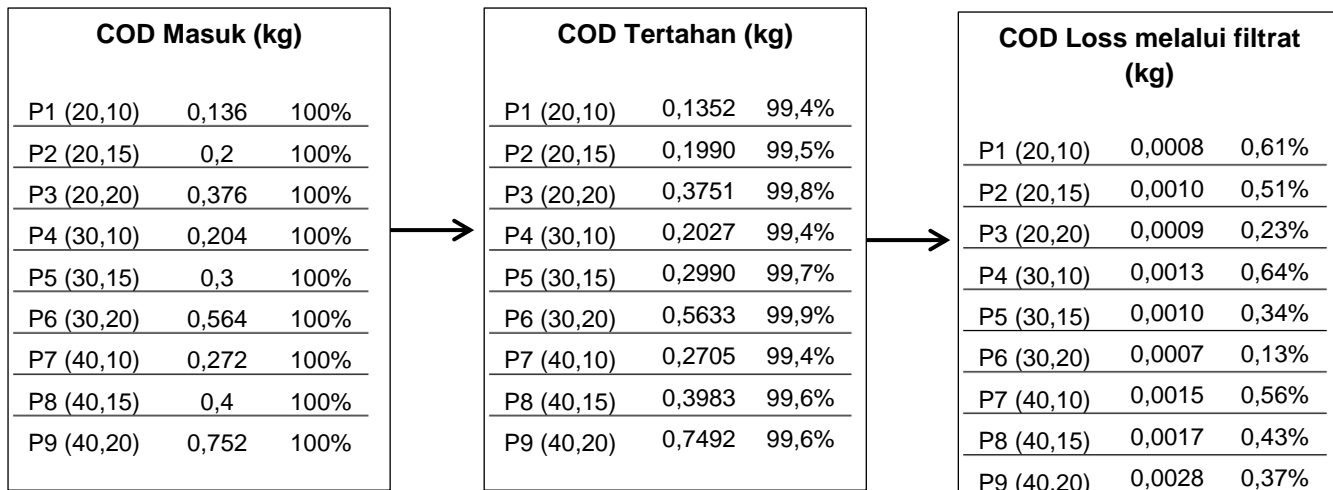
Menurut pendapat Asare *et al.* (2003), bahwa nutrisi anorganik yang sudah stabil akan tersedia secara biologis dan dilepaskan selama degradasi bahan organik melalui proses mineralisasi. Proses stabilisasi dan mineralisasi mengarah pada pelepasan anorganik nutrisi seperti ammonia, yang berguna bagi kesuburan tanah.

#### **4.7 Kesetimbangan Massa (*Mass Balance*)**

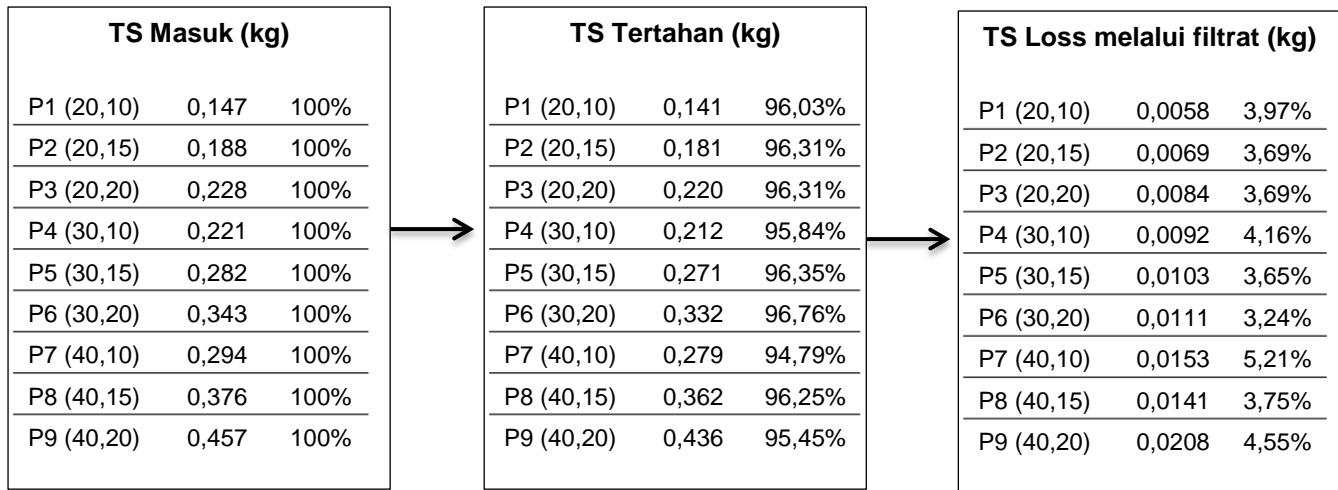
Analisis kesetimbangan massa dihitung untuk mengetahui seberapa besar massa yang hilang. Kesetimbangan massa dihitung berdasarkan massa lumpur masuk, massa *cake* yang tertahan, massa filtrat yang keluar, dan berat yang hilang akibat evaporasi. Hasil yang didapat dari penentuan mass balance adalah massa yang hilang akibat evaporasi. Hasil analisis mass balance dapat dilihat pada Gambar 4.31. Massa lumpur masuk adalah total massa awal yang dimasukkan ke dalam reaktor, massa *cake* yang tertahan adalah massa *cake* yang tertahan di dalam reaktor, dan massa filtrat adalah massa filtrat yang keluar dari reaktor. Massa yang hilang menunjukkan bahwa selama proses berlangsung terjadi proses evaporasi pada reaktor. Proses evaporasi dapat dipengaruhi oleh suhu, intensitas cahaya dan angin. Semakin meningkat suhu pada *cake* akan meningkatkan proses evaporasi. Evaporasi lebih mudah terjadi saat lumpur lebih banyak mengandung air, karena semakin pekat lumpur air akan terikat dan susah diuapkan.



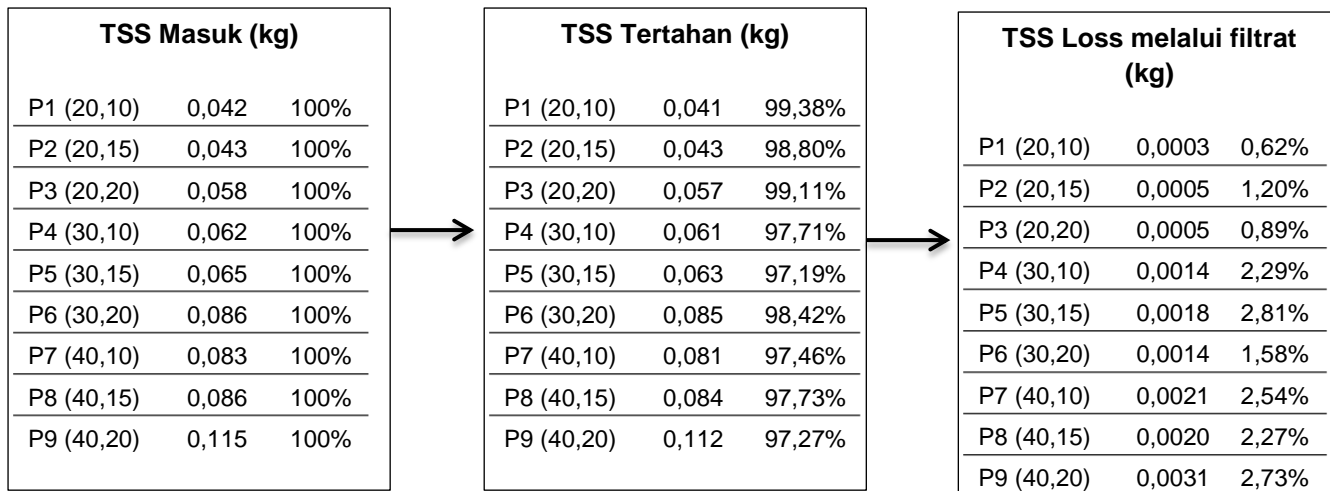
**Gambar 4.36 Kestimbangan Massa Lumpur**



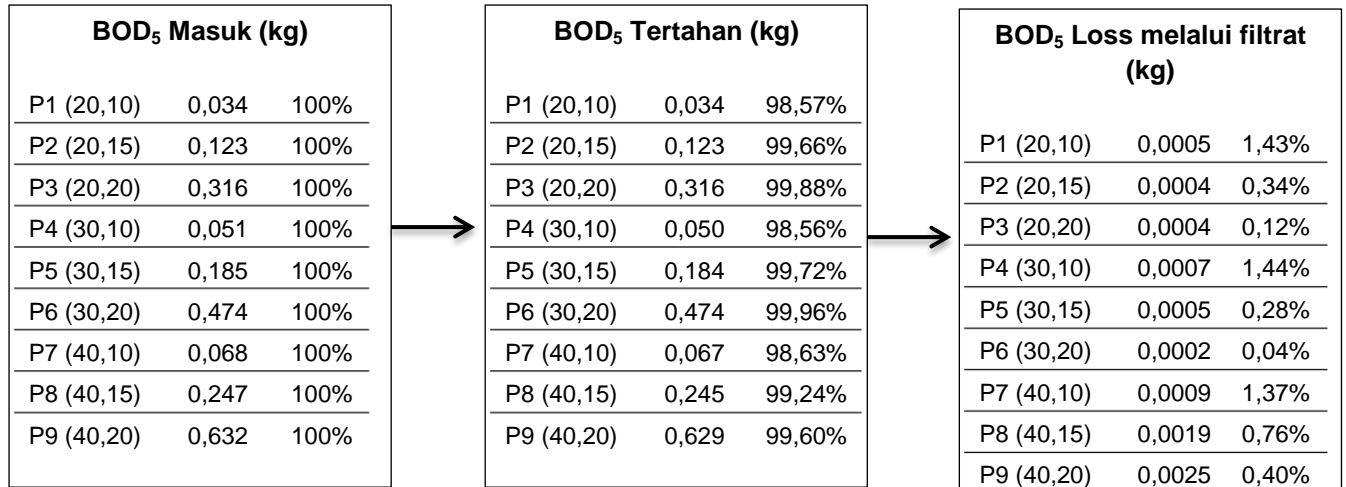
**Gambar 4.37 Mass Balance COD**



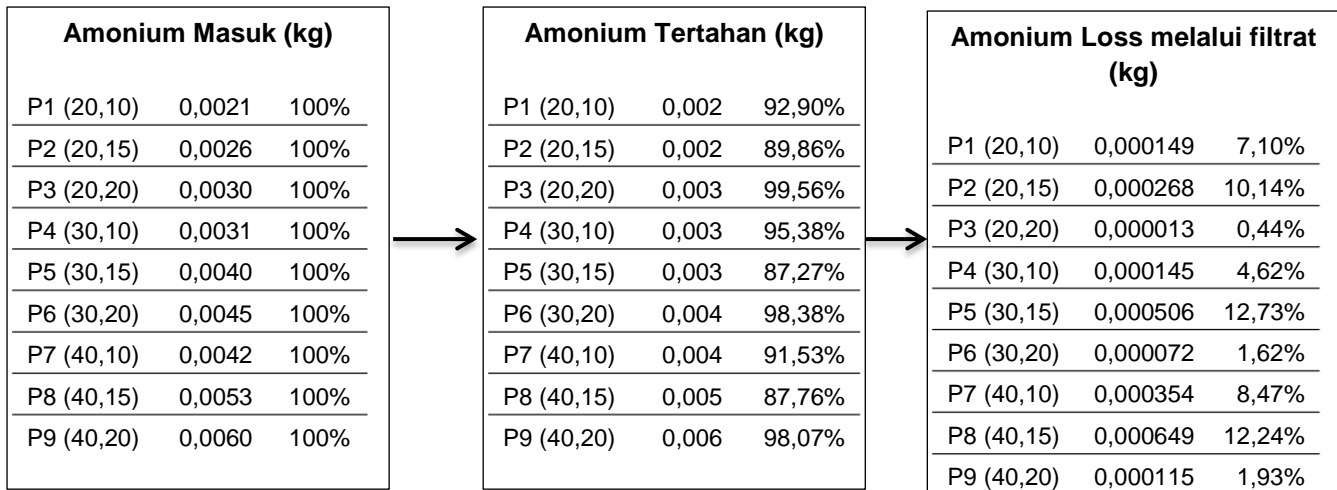
**Gambar 4.38 Mass Balance TS**



**Gambar 4.39 Mass Balance TSS**



**Gambar 4.40 Mass Balance BOD<sub>5</sub>**



**Gambar 4.41 Mass Balance Amonium**

**\*Halaman ini sengaja dikosongkan\***



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Presentase volume yang keluar sebesar 66,4% untuk setiap reaktor sedangkan sisanya terlepas melalui proses evaporasi.
2. Penyisihan optimum pada filtrat unit SSC sebesar 97,87% untuk TSS; 99,88% COD; 97,3% TS; 99,71%; BOD<sub>5</sub> 97,84% Amonium; dan 95% *Total coliforms*.
3. Perubahan konsentrasi TS yang dimasukkan pada unit SSC mempengaruhi besarnya penyisihan polutan TS pada filtrat.
4. Perubahan ketebalan lumpur yang masuk pada unit SSC mempengaruhi besarnya penyisihan polutan TS, TSS, dan COD pada filtrat.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan dan kekurangan yang ada pada penelitian ini, diperlukan adanya saran perkembangan penelitian selanjutnya. Berikut saran yang dapat diperbaiki :

1. Perlu dilakukan sistem *intermitten* yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan sehingga dapat diketahui waktu yang diperlukan untuk pergantian media filter.
2. Perlu dilakukan pengukuran yang bersamaan antara filtrat dan supernatan/dekantasi yang terdapat dalam reaktor.

**\*Halaman ini sengaja dikosongkan\***

## DAFTAR PUSTAKA

- Afolabi, O. O. D. dan Sohail, M. 2017. Microwaving Human Faecal Sludge as a Viable Sanitation Technology Option for Treatment And Value Recovery – a Critical Review. **Journal of Environmental Management**, 187, 401–415.
- Angle, C. W. dan Gharib, S. 2017. Effects of Sand and Flocculation on Dewaterability Of Kaolin Slurries Aimed at Treating Mature Oil Sands Tailings. **Chemical Engineering Research and Design**, 125(Supplement C), 306–318.
- Badji, K. 2008. **Faecal Sludge Treatment: Parameters Affecting the Unplanted Drying Beds Efficiency and Drying Mechanism at Real Scale**. Dakar, Senegal: Engineer degree, Génie des Procédés, Ecole Supérieure Polytechnique.
- Bassan, M., Dodane, P.H., Strande, L. 2014. **Faecal Sludge Management**. London: IWA Publishing.
- Carington, E. G. 2001. **Evaluation of Sludge Treatments for Pathogen Reduction-Final Report**. Luxembourg: E. Communities.
- Cofie, O. O., Agbottah, S., Strauss, M., Esseku, H., Montangero, A., Awuah, E., Kone, D. 2006a. Solid–Liquid Separation of Faecal Sludge Using Drying Beds in Ghana: Implications for Nutrient Recycling in Urban Agriculture. **Water Research**, 40(1), 75–82.
- Dian, G. dan Herumurti, W. 2016. Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya. **JURNAL TEKNIK ITS**, 5(1).
- Feachem, R. G., Bradley, D. J. 1983. **Sanitation and Disease – Health Aspects of Excreta and Wastewater Management**. Washigton, D.C, USA: The World Bank.

- Fuerhacker, M., Haile, T. M., Monai, B., Mentler, A. 2011. Performance of a Filtration System Equipped with Filter Media for Parking Lot Runoff Treatment. **Desalination**, 275(1), 118–125.
- Gagnon, V., Chazarenc, F., Comeau, Y., Brisson, J. 2007. Influence of Macrophytes Species on Microbial Density and Activity in Constructed Wetlands. **Water Science and Technology**, 56(3), 249–254.
- Heinss, U., Larmie, S. A., Strauss, M. 1999. Characteristics of Faecal Sludges and their Solids-Liquid Separation. **EAWAG/SANDEC**.
- Hermana, J. 2008. **Perencanaan Solid Separation Chamber dan Drying Area pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja**. Surabaya: ITS PRESS.
- Hidayat, H., Sasmita, A., Reza, M. 2017. Perencanaan Pembangunan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru. **Jom FTEKNIK**, 4(1).
- Hu, S., She, X., Wei, X., Hu, B., Hu, C., Qian, Y., Chen, Z. 2017. Surplus Sludge Treatment In Two Sludge Treatment Beds Under Subtropical Condition in China. **Environmental Biotechnologies for Sustainable Development (EBSuD)**, 119(Supplement C), 377–386.
- Huriawati, F., Yuhanna, W.L., Mayasari, T. 2016. Pengaruh Metode Pengeringan Terhadap Kualitas Serbuk Seresah Enhalus acoroides dari Pantai Tawang Pacitan. **Bioeksperimen**.2(1)
- Jonrizal. 2001. **Evaluasi Efisiensi Removal Kadar Solid Suspended Solid pada Solid Separation Chamber di IPLT Keputih**. Departemen Teknik Lingkungan ITS: Tugas Akhir.
- Jonsson, H., Baky, A., Jeppsoon, U., Hellstrom, D., Karrman, E. 2005. **Composition of Urine, Faeces, Greywater and Biowaste for Utilization in the URWARE Model**.

- Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden: Urban water Report of the MISTRA Programme, Report.
- Katukiza, A. Y., Ronteltap, M., Niwagaba, C. B., Foppen, J. W. A., Kansime, F., Lens, P. N. L. 2012. Sustainable Sanitation Technology Options for Urban Slums. **Biotechnology Advances**, 30(5), 964–978.
- Kengne, I. M., Dodane, P.H., Akoa, A., Kone, D. 2009. Vertical-Flow Constructed Wetlands as Sustainable Sanitation Approach for Faecal Sludge Dewatering in Developing Countries. **Desalination**, 248(1–3), 291–297.
- Kone, D., Strauss, M. 2004. Low-cost Options for Treating Faecal Sludges (FS) in Developing Countries – Challenges and Performance. **Paper Presented to the 9th International IWA Specialist Group Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control; and to the 6th International IWA Specialist Group Conference on Waste Stabilisation Ponds.**
- Koottatep, T., Surinkul, N., Polprasert, C., Kamal, A. S. ., Kone, D., Montangero, A. 2005. Treatment of Septage in Constructed Wetlands in Tropical Climate: Lessons Learnt from Seven Years of Operation. **Water Science and Technology**, 51(9), 21–28.
- Kuffour, A. R., Awuah, E., Anyemedu, F. O. K., Strauss, M., Koné, D., Cofie, O. 2009. Effect of Using Different Particle Sizes of Sand as Filter Media for Dewatering Faecal Sludge. **Desalination**, 248(1), 308–314.
- Lentner, C., Wink, A. 1981. **Units of Measurement, Body Fluids, Composition of the Body, Nutrition. Geigy Scientific Tables.** Basle, Switzerland: CIBA-GEIGY Ltd.
- Lu, S., Zhang, X., Wang, J., Pei, L. 2016. Impacts of Different Media on Constructed Wetlands for Rural Household Sewage Treatment. **Journal of Cleaner Production**, 127(Supplement C), 325–330.

- Magri, M. E., Francisco, J. G. Z., Sezerino, P. H., Philippi, L. S. 2016. Constructed Wetlands For Sludge Dewatering With High Solids Loading Rate And Effluent Recirculation: Characteristics of Effluent Produced and Accumulated Sludge. **Ecological Engineering**, 95(Supplement C), 316–323.
- Mahmoud, A., Olivier, J., Vaxelaire, J., Hoadley, A. F. A. 2011. Electro-Dewatering of Wastewater Sludge: Influence of The Operating Conditions and Their Interactions Effects. **Water Research**, 45(9), 2795–2810.
- Masduqi, A., dan Assomadi, A.F. 2008. **Operasi & Proses Pengolahan Air**. Surabaya: ITS PRESS.
- Mawioo, P. M., Garcia, H. A., Hooijmans, C. M., Velkushanova, K., Simonič, M., Mijatović, I., Brdjanovic, D. 2017. A Pilot-Scale Microwave Technology for Sludge Sanitization and Drying. **Science of The Total Environment**, 601–602(Supplement C), 1437–1448.
- Metcalf dan Eddy. 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse (4th ed.)**. New York: Mc Graw Hill.
- Musy, A., dan Higy, C. 2004. **Hydrologie, une science de la nature**. Lausanne, Switzerland: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Oktarina, D., Haki, H. 2013. Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Sistem Kolam Kota Palembang (Studi Kasus: IPLT Sukawinata). **Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan**, 1(1).
- Panuvatvanich, A., Koottatep, T., Kone, D. 2009. Influence Of Sand Layer Depth And Percolate Impounding Regime On Nitrogen Transformation In Vertical-Flow Constructed Wetlands Treating Faecal Sludge. **Water Research**, 43(10), 2623–2630.
- Pescod, M. B. 1971. Sludge Handling and Disposal in Tropical Developing Countries. **Journal of Water Pollution and Control Federation**, 43(4), 555–570.

- Rajasulochana, P., Preethy, V. 2016. Comparison On Efficiency Of Various Techniques In Treatment Of Waste And Sewage Water – A Comprehensive Review. **Resource-Efficient Technologies**, 2(4), 175–184.
- Sacramento, R. N., Yang, Y., You, Z., Waldmann, A., Martins, A. L., Vaz, A. S. L., Bedrikovetsky, P. 2015. Deep Bed And Cake Filtration Of Two-Size Particle Suspension In Porous Media. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, 126(Supplement C), 201–210.
- Segine, I., dan Bux, M. 2005. Prediction of Evaporation Rate in a Solar Dryer for Sewage Sludge. **International Commission of Agricultural Engineering (CIGR, Commission Internationale du Genie Rural)**, 7.
- Semiyaga, S., Okure, M. A. E., Niwagaba, C. B., Katukiza, A. Y., Kansiime, F. 2015. Decentralized Options For Faecal Sludge Management In Urban Slum Areas Of Sub-Saharan Africa: A Review Of Technologies, Practices And End-Uses. **Resources, Conservation and Recycling**, 104, Part A, 109–119.
- Shanaha, E., Roiko, A., Tindale, N., Thomas, M., Walpole, R., Ipek Kurtboke, D. 2010. Evaluation of Pathogen Removal in a Solar Sludge Drying Facility Using Microbial Indicators. **International Journal of Environmental Research and Public**, 7(2), 565–582.
- Singh, S., Mohan, R. R., Rathi, S., Raju, N. J. 2017. Technology Options For Faecal Sludge Management In Developing Countries: Benefits And Revenue From Reuse. **Environmental Technology & Innovation**, 7, 203–218.
- Standart Method. 2006. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater: 21th Edition**. Washington DC: American Public Health Association Publisher.
- Starina, S., Prayogo, T.B, Haribowo, R. 2016. Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Supiturang Kota Malang. **Tugas Akhir Universitas Brawijaya**.

- Stefanakis, A. I., dan Tsihrintzis, V. A. 2011. Dewatering Mechanisms In Pilot-Scale Sludge Drying Reed Beds: Effect Of Design And Operational Parameters. **Chemical Engineering Journal**, 172(1), 430–443.
- Sudarmadji, dan Hamdi. 2013. Tangki Septik dan Peresapannya sebagai Sistem Pembuangan Air Kotor di Permukiman Rumah Tinggal Keluarga. **PILAR Jurnal Teknik Sipil**, 9(2).
- Uggetti, E., Ferrer, I., Llorens, E., García, J. 2010. Sludge Treatment Wetlands: A Review On The State Of The Art. **Bioresource Technology**, 101(9), 2905–2912.
- Winangsih, Prihastant, E., Parman, S. 2013. Pengaruh Metode Pengeringan Terhadap Kualitas Simplisia Lempuyang Wangi ( *Zingiber aromaticum* L.). **Buletin Anatomi dan Fisiologi**, XXI(1).



## **LAMPIRAN 1**

### **Prosedur Analisis**

#### **A. Analisis TS (*Total solids*)**

Teknik analisis TS dalam penelitian ini menggunakan metode gravimetri berdasarkan modifikasi dari metode analisis TS pada Standart Method (2006) seperti berikut :

- Cawan porselen dipanaskan pada oven dengan suhu 105 oC selama 1 jam, kemudian dimasukkan ke desikator selama 20 menit.
- Cawan kosong ditimbang menggunakan neraca analitik sebagai a (mg)
- Sampel dimasukkan ke dalam cawan dan dicatat volume yang dimasukkan sebagai c (mL), kemudian di oven selama 24 jam dengan suhu 105 oC
- Cawan kemudian di desikator selama 20 menit
- Kemudian cawan yang berisi sampel ditimbang sebagai b (mg)
- Dilakukan perhitungan jumlah zat padat (TS) dalam sampel dengan rumus :

$$TS \text{ (mg/L)} = \frac{(b-a)}{c} \times 1000 \times 1000$$

#### **B. Analisis Kadar Air**

Teknik analisis TS dalam penelitian ini menggunakan metode gravimetri berdasarkan modifikasi dari metode analisis TS pada Standart Method (2006) seperti berikut :

- Cawan porselen dipanaskan pada oven dengan suhu 105 oC selama 1 jam, kemudian dimasukkan ke desikator selama 20 menit.
- Cawan kosong ditimbang menggunakan neraca analitik sebagai a (mg)

- Sampel dimasukkan ke dalam cawan dan ditimbang menggunakan neraca analitik sebagai (c) gram, kemudian di oven selama 24 jam dengan suhu 105 oC
- Cawan kemudian di desikator selama 20 menit
- Kemudian cawan yang berisi sampel ditimbang sebagai b (mg)
- Dilakukan perhitungan jumlah zat padat (TS) dalam sampel dengan rumus :

$$\text{Kadar Air (mg/L)} = \frac{(c-a)-(b-a)}{(c-a)} \times 1000 \times 1000$$

### C. Analisis TSS (Total Suspended Solid)

Teknik analisis TSS dalam penelitian ini menggunakan metode gravimetri berdasarkan modifikasi dari metode analisis TSS pada Standart Method (2006), seperti berikut:

- Cawan porselin dipanaskan pada furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 15 menit.
- Kertas saring dicuci menggunakan aquadest kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam.
- Kertas saring dan cawan dimasukkan ke dalam desikator selama 20 menit.
- Cawan dan kertas saring ditimbang bersamaan dengan menggunakan neraca analitik. Hasil penimbangan cawan dan kertas saring dicatat sebagai a (mg).
- Kertas saring yang telah ditimbang, diletakkan pada vacuum filter.
- Sampel disaring dengan menggunakan vacuum filter yang telah dipasang kertas saring yang telah ditimbang. Sampel disaring hingga kering. Dicatat volume sampel yang disaring sebagai c (mL).
- Diambil kertas saring yang telah digunakan kemudian diletakkan pada cawan yang sama dengan yang digunakan untuk menimbang.

- Cawan yang berisi kertas saring dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam.
- Cawan yang berisi kertas saring dipindahkan ke dalam desikator selama 20 menit.
- Cawan yang berisi kertas saring ditimbang dengan menggunakan neraca analitik. Hasil penimbangan dicatat sebagai b (mg).
- Dilakukan perhitungan jumlah zat padat tersuspensi (TSS) dalam sampel dengan rumus:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(a+b)}{c} \times 1000 \times 1000$$

## **D. Analisis COD (Chemical Oxygen Demand)**

### **1. Pembuatan Reagen**

#### **a. Larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,1 N**

Timbang dengan teliti 4,9036 gram  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  yang telah dikeringkan di oven. Larutkan dengan aquades hingga 1 L menggunakan labu pengencer 1 L.

#### **b. Larutan Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,1 N**

Timbang dengan teliti 39,2 gram  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  kemudian tambahkan dengan 8 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat. Encerkan dengan aquades hingga 1 L dengan menggunakan labu pengencer 1 L.

#### **c. Larutan Campuran Asam ( $\text{AgSO}_4$ )**

Larutkan 10 gram  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  ke dalam 1 L  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hingga larut sempurna.

#### **d. Larutan Indikator Ferroin**

Larutkan 1,485 gram Orthophenanthroline dan 0,695 gram  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

### **2. Prosedur Analisis**

Metode analisis COD dilakukan dengan menggunakan prinsip *closed reflux* metode titimetri berdasarkan (Greenberg et al., 2005), seperti berikut:

- Disiapkan sampel yang akan dianalisis kadar CODnya.
- Diambil 1 mL sampel
- Disiapkan 2 buah tabung COD, kemudian dimasukkan sampel sebanyak 1 mL dan aquades sebanyak 1 mL sebagai blanko.
- Larutan Kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) ditambahkan sebanyak 1,5 mL.
- Larutan campuran asam ( $Ag_2SO_4$ ) ditambahkan sebanyak 3,5 mL.
- Alat pemanas dinyalakan dan diletakkan tabung COD pada rak tabung COD di atas alat pemanas selama 2 jam.
- Setelah 2 jam, alat pemanas dimatikan dan tabung COD dibiarkan hingga dingin.
- Sampel di dalam tabung COD dipindahkan ke dalam Erlenmeyer kemudian ditambahkan indikator ferroin sebanyak 3 tetes.
- Dititrasi menggunakan larutan standard FAS 0,0125 N hingga warna biru-hijau berubah menjadi merah-coklat yang tidak hilang selama 1 menit.
- Perhitungan nilai COD dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$COD (mg O_2/L) = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{Vol.sampel} \times p$$

dengan:

A = mL FAS titrasi blanko

B = mL FAS titrasi sampel

N = normalitas larutan FAS

P = nilai pengenceran

## E. Analisis Amonium-nitrogen

### 1. Pembuatan Reagen

#### a. Nessler

Campur dan haluskan 50 gram serbuk  $HgI_2$  dan 35 gram KI kemudian dilarutkan dengan 80 gram NaOH yang

sudah dilarutkan dengan aquades hingga 500 mL. Biarkan mengendap dan diambil supernatannya.

**b. Garam Signet**

Larutkan 50 gram K.Na.Tatrat ke dalam 500 mL aquades, kemudian ditambahkan 5 mL larutan nessler sebagai pengawet.

**c. Larutan Standar Amonium (2 ppm atau 2 mg/L)**

Timbang dengan teliti 3,8214 mg  $\text{NH}_4\text{Cl}$  kemudian larutkan ke dalam aquades sebanyak 1 L di dalam labu pengencer 1 L. Ditambahkan 3 tetes toluen sebagai pengawet.

**2. Kalibrasi**

Sebelum melakukan kalibrasi maka terlebih dahulu dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum untuk analisis amonium-nitrogen.

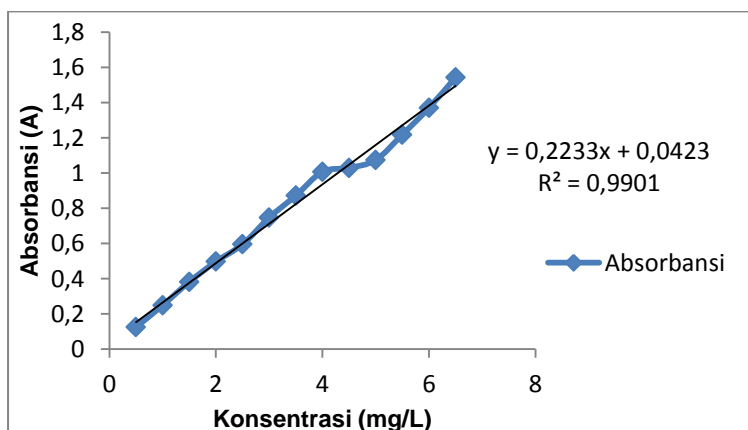
**a. Penentuan Panjang Gelombang analisis Amonium-Nitrogen**

Panjang gelombang	Absorbansi
388	0,443
389	0,450
390	0,456
391	0,458
392	0,454
393	0,445
394	0,442
395	0,441

**b. Kurva Kalibrasi Analisis Ammonia**

Digunakan panjang gelombang 391 nm sesuai dengan hasil penentuan panjang gelombang optimum.

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi (A)
0	0
0,5	0,125
1	0,249
1,5	0,382
2	0,497
2,5	0,595
3	0,747
3,5	0,872
4	1,007
4,5	1,029
5	1,074
5,5	1,218
6	1,37
6,5	1,543



### 3. Prosedur Analisis

- Disiapkan sampel yang akan dianalisis kadar ammonianya.

- Diambil 10 mL sampel (diencerkan jika sampel terlalu pekat)
- Ditambahkan 0,4 mL larutan nessler
- Ditambahkan 0,5 mL larutan garam signet
- Diaduk dan didiamkan selama  $\pm 10$  menit
- Dibaca dengan spektrofotometer
- Blanko yang digunakan adalah aquades dengan penambahan reagen seperti pada sampel.

## **F. Analisis BOD<sub>5</sub> (Biochemical Oxygen Demand)**

### **1. Pembuatan Reagen**

#### **a. Larutan Buffer Fospat**

Campur dan larutkan  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,85 gram,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0,2175 gram,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,334 gram dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,17 gram ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100mL.

#### **b. Larutan $\text{MgSO}_4$**

Larutkan 0,225 gram  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100mL.

#### **c. Larutan $\text{CaCl}_2$**

Larutkan 0,275 gram  $\text{CaCl}_2$  ke dalam 100mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

#### **d. Larutan $\text{FeCl}_3$**

Larutkan 0,025 gram  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL. Untuk membuat 1 L air pengencer maka dibutuhkan masing-masing 1 mL larutan Buffer Fospat,  $\text{MgSO}_4$ , larutan  $\text{CaCl}_2$ , larutan  $\text{FeCl}_3$  dan larutan bakteri. Larutan bakteri dapat dibuat dengan mengaerasi 1 spatula (10 gram) tanah subur ke dalam air selama 2 jam.

#### **e. Larutan $\text{MnCl}_2$ 20%**

Larutkan 20 gram  $\text{MnCl}_2$  ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

**f. Larutan Pereaksi Oksigen**

Campur dan larutkan 40 gram NaOH, 15 gram KI dan 2 gram  $\text{NaN}_3$  ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

**g. Larutan Indikator Amilum 1%**

Larutkan 1 gram amilum dengan 100 mL aquades yang sudah dididihkandi dalam labu pengencer 100 mL dan ditambahkan sedikit  $\text{Hgl}_2$  sebagai pengawet.

**h. Larutan Thiosulfat 0,0125 N**

Larutkan 31,025 gram  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ke dalam 1 L aquades yang telah dididihkan dan didinginkan dengan menggunakan labu pengencer 1 L. Kemudian ditambahkan dengan 1 gram NaOH sebagai buffer.

**i.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat**

**2. Prosedur Analisis**

Metode analisis BOD dilakukan dengan menggunakan prinsip winklermetode titimetrik berdasarkan Standart Method (2006), seperti berikut:

- Untuk menentukan angka pengencerannya maka dibutuhkan angka  $\text{KMNO}_4$  :

$$P = \frac{\text{Hasil COD}}{3 \text{ atau } 5 (\text{tergantung dari pH sampel})}$$

- Siapkan 1 buah labu pengencer 500 mL dan tuangkan sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran, tambahkan air pengencer hingga batas labu.
- Siapkan 2 buah botol winkler 300 mL dan 2 buah botol winkler 150 mL.
- Tuangkan air dalam labu pengencer tadi ke dalam botol winkler 300 mL dan 150 mL sampai tumpah.
- Tuangkan air pengencer ke dalam botol winkler 300 mL dan 150 mL sebagai blanko sampai tumpah.



- Bungkus kedua botol winkler 300 mL dengan menggunakan plastik wrap agar kedap udara. Kemudian masukkan kedua botol tersebut ke dalam inkubator 20°C selama 5 hari.
- Kedua botol winkler 150 mL yang berisi air dianalisis oksigen terlarutnya dengan prosedur sebagai berikut:
  - Tambahkan 1 mL larutan  $\text{MnCl}_2$ .
  - Tambahkan 1 mL larutan Pereaksi Oksigen.
  - Botol ditutup dengan hati-hati agar tidak ada gelembung udara di dalam botol kemudian dikocok beberapa kali.
  - Biarkan gumpalan mengendap selama  $\pm 10$  menit.
  - Tambahkan 1 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, tutup dan kocok kembali.
  - Tuangkan 100 mL larutan ke dalam Erlenmeyer 250 mL
  - Tambahkan 3 tetes indikator amilum.
  - Titrasi dengan larutan Natrium Thiosulfat 0,0125 N sampai warna biru hilang.
- Setelah 5 hari, analisis kedua larutan dalam winkler 300 mL seperti analisis oksigen terlarut.
- Hitung oksigen terlarut dan BOD dengan rumus berikut:

$$\text{OT (mg O}_2\text{/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ mL}}$$

$$\text{BOD}_5^{20} \text{ (mg/L)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)]}{P}$$

$$P = \frac{\text{mL sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}$$

Dimana:

$X_0$  = oksigen terlarut sampel pada  $t = 0$

$X_5$  = oksigen terlarut sampel pada  $t = 5$

$B_0$  = oksigen terlarut blanko pada  $t = 0$

$B_5$  = oksigen terlarut blanko pada  $t = 5$

P = derajat pengenceran

a = volume titran (mL)

N = Normalitas Natrium Thiosulfat

## **G. Analisis *Total coliforms***

### **1. Pembuatan Media Tanam**

- Menimbang media Lactose Broth (LB) sebanyak 13 gram kemudian dilarutkan menggunakan aquadest sampai 1 L.
- Kemudian memasukkan media yang sudah larut ke dalam tabung reaksi sebanyak 10 mL.
- Selanjutnya memasukkan tabung durham ke dalam tabung dan ditutup kapas lemak.
- Tabung kemudian di autoclaf selama 2 jam dengan suhu 121 °C.
- Kemudian didinginkan.

### **2. Prosedur Analisis**

Metode analisis *Total coliforms* dilakukan dengan menggunakan prinsip MPN berdasarkan SNI 01-2332.1-2006, seperti berikut:

1. Mengencerkan sampel menggunakan NaCl 0,8% sampai batas yang ditentukan.
2. Diambil 10 mL sampel dan dimasukkan ke dalam 5 tabung reaksi yang berisi media, 1 mL sampel dan dimasukkan ke dalam 5 tabung reaksi yang berisi media, dan 0,1 mL sampel kemudian dimasukkan ke dalam 5 tabung reaksi yang berisi media.
3. Kemudian dimasukkan ke inkubator selama 24 jam dengan suhu  $\pm 35$  °C.
4. Selanjutnya diamati terbentuknya gelembung di dalam tabung, jika terbentuk menunjukkan bahwa sampel mengandung *total coliforms*.
5. Dicatat jumlah tabung yang mengandung colifom, selanjutnya dicocokkan dengan tabel MPN untuk menunjukkan besarnya *total coliforms* yang berada dalam sampel.

## LAMPIRAN 2

### Hasil Perhitungan

#### A. Hasil Pengukuran TS Setiap Reaktor

Variabel/ waktu	Konsentrasi TS (mg/L)						
	1	2	3	4	5	6	7
P1 (20,10)	440	590	790	1160	1510	1070	1700
P2 (20,15)	600	520	790	1460	1840	800	2900
P3 (20,20)	670	720	910	1230	1660	1370	1370
P4 (30,10)	530	510	800	930	1170	1010	2400
P5 (30,15)	530	570	770	860	1080	870	1340
P6 (30,20)	510	590	860	1080	860	1010	3350
P7 (40,10)	610	720	820	850	1020	970	1560
P8 (40,15)	470	440	700	830	890	870	1740
P9 (40,20)	630	810	1020	920	1020	850	960

Variabel/ waktu	Konsentrasi TS (mg/L)					
	8	9	10	11	12	13
P1 (20,10)	2940	3100	3100	4900	4900	26400
P2 (20,15)	2700	3200	3200	4400	4400	18300
P3 (20,20)	3920	3060	3060	6000	6000	12800
P4 (30,10)	4000	2980	2980	4500	4500	5600
P5 (30,15)	3170	6250	6250	3900	3900	14200
P6 (30,20)	3680	7050	7050	8400	8400	12100
P7 (40,10)	2100	1840	1840	4000	4000	4700
P8 (40,15)	2090	1880	1880	1900	1900	2900
P9 (40,20)	3190	2480	2480	4500	4500	5800

### B. Hasil Pengukuran TSS Tiap Reaktor

Variabel/ Waktu	Konsentrasi TSS (mg/L)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
P1 (20,10)	4	52	40	124	140	360	200	60
P2 (20,15)	32	68	140	140	160	210	270	100
P3 (20,20)	32	60	110	160	40	220	170	220
P4 (30,10)	90	96	120	140	180	230	230	180
P5 (30,15)	90	136	319	124	200	130	310	460
P6 (30,20)	84	60	90	120	270	500	140	140
P7 (40,10)	80	132	90	120	210	260	100	340
P8 (40,15)	32	100	70	108	180	290	230	280
P9 (40,20)	110	180	70	116	140	60	110	240

Variabel/ Waktu	Konsentrasi TSS (mg/L)				
	9	10	11	12	13
P1 (20,10)	390	700	700	700	700
P2 (20,15)	420	420	420	800	800
P3 (20,20)	510	620	620	800	800
P4 (30,10)	380	240	240	400	400
P5 (30,15)	330	450	450	400	400
P6 (30,20)	370	210	210	440	440
P7 (40,10)	110	510	510	500	500
P8 (40,15)	270	340	340	520	520
P9 (40,20)	300	430	430	600	600

### C. Hasil Pengukuran COD Setiap Reaktor

Variabel/ Waktu	Konsentrasi COD (mg/L)						
	1	2	3	4	5	6	7
P1 (20,10)	67,5	92,5	77,5	170	220	120	120
P2 (20,15)	52,5	172,5	142,5	400	260	260	260
P3 (20,20)	37,5	187,5	137,5	190	160	240	240
P4 (30,10)	67,5	152,5	147,5	140	220	200	180
P5 (30,15)	47,5	102,5	127,5	130	120	65	120
P6 (30,20)	37,5	52,5	107,5	130	140	120	135
P7 (40,10)	62,5	52,5	132,5	110	140	105	100
P8 (40,15)	107,5	52,5	47,5	40	120	90	80
P9 (40,20)	147,5	112,5	87,5	110	70	55	195

Variabel/ Waktu	Konsentrasi COD (mg/L)					
	8	9	10	11	12	13
P1 (20,10)	110	110	110	110	110	110
P2 (20,15)	95	95	95	160	160	160
P3 (20,20)	40	40	40	120	180	180
P4 (30,10)	90	30	30	80	100	100
P5 (30,15)	70	50	50	90	160	160
P6 (30,20)	110	30	30	60	110	110
P7 (40,10)	140	100	100	130	180	180
P8 (40,15)	60	120	120	140	150	150
P9 (40,20)	110	100	100	130	130	130

#### D. Hubungan Ketebalan Lumpur

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TSS Filtrat	Between Groups	47,180	2	23,590	122,122	,000
	Within Groups	22,021	114	,193		
	Total	69,201	116			
COD Filtrat	Between Groups	19,022	2	9,511	57,981	,000
	Within Groups	18,701	114	,164		
	Total	37,723	116			
TS Filtrat	Between Groups	,001	2	,000	63,937	,000
	Within Groups	,001	114	,000		
	Total	,002	116			
Amonium Filtrat	Between Groups	16723,012	2	8361,506	1,978	,173
	Within Groups	63420,579	15	4228,039		
	Total	80143,591	17			

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Total <i>Coliform</i>	Between Groups	12067777 7777,778	2	60338 88888 8,889	2,566	,110
	Within Groups	35268333 3333,333	15	23512 22222 2,222		
	Total	47336111 1111,111	17			
BOD <sub>5</sub>	Between Groups	,000	2	,000	2,404	,124
	Within Groups	,000	15	,000		
	Total	,000	17			

#### E. Hubungan Konsentrasi TS terhadap Parameter

##### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TSS Filtrat	Between Groups	2,776	2	1,388	2,382	,097
	Within Groups	66,425	114	,583		
	Total	69,201	116			

COD Filtrat	Between Groups	1,185	2	,593	1,849	,162
	Within Groups	36,538	114	,321		
	Total	37,723	116			
TS Filtrat	Between Groups	,000	2	,000	6,237	,003
	Within Groups	,001	114	,000		
	Total	,002	116			
Amonium Filtrat	Between Groups	8433,509	2	4216,75 4	,882	,434
	Within Groups	71710,08 2	15	4780,67 2		
	Total	80143,59 1	17			
Total <i>Coliform</i>	Between Groups	61744444 444,444	2	3087222 2222,22 2	1,125	,351
	Within Groups	41161666 6666,667	15	2744111 1111,11 1		
	Total	47336111 1111,111	17			
BOD <sub>5</sub>	Between Groups	,000	2	,000	,110	,896
	Within Groups	,000	15	,000		
	Total	,000	17			



## F. Hubungan Suhu terhadap Parameter

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
COD Filtrat	Between Groups	40214,236	14	2872,445	6,155	,080
	Within Groups	1400,000	3	466,667		
	Total	41614,236	17			
TSS Filtrat	Between Groups	2966943,072	44	67430,524	2,740	,000
	Within Groups	1771977,236	72	24610,795		
	Total	4738920,308	116			
TS Filtrat	Between Groups	1353231550,153	44	30755262,503	12,243	,000
	Within Groups	180866179,762	72	2512030,274		
	Total	1534097729,915	116			
Ammonium Filtrat	Between Groups	,000	14	,000	6,975	,068

	Within Groups Total	,000 ,000	3 17	,000		
<i>Total coliforms</i>	Between Groups	3826944 44444,4 44	14	27335 31746 0,317	,904	,620
	Within Groups	9066666 6666,66 7	3	30222 22222 2,222		
	Total	4733611 11111,1 11	17			
BOD <sub>5</sub>	Between Groups	,000	14	,000	21,651	,014
	Within Groups	,000	3	,000		
	Total	,000	17			

### G. Hubungan Intensitas Cahaya terhadap Parameter





#### ANOVA

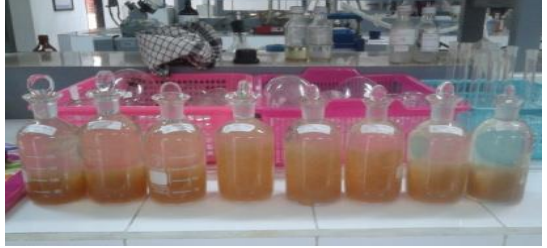

		Sum of Squares	df	Mean Squar e	F	Sig.
TSS Filtrat	Between Groups	61,659	84	,734	3,114	,000
	Within roups	7,542	32	,236		

	Total	69,201	116			
COD Filtrat	Between Groups	32,651	84	,389	2,453	,003
	Within Groups	5,072	32	,158		
	Total	37,723	116			
TS Filtrat	Between Groups	,001	84	,000	2,556	,002
	Within Groups	,000	32	,000		
	Total	,002	116			
Amonium Filtrat	Between Groups	80088,4 66	16	5005,5 29	90,803	,082
	Within Groups	55,125	1	55,125		
	Total	80143,5 91	17			
Total <i>Coliform</i>	Between Groups	4649111 11111,1 11	16	29056 94444 4,444	3,439	,403
	Within Groups	8450000 000,000	1	84500 00000, 000		
	Total	4733611 11111,1 11	17			

BOD <sub>5</sub>	Between Groups	,000	16	,000	1,079	,650
	Within Groups	,000	1	,000		
	Total	,000	17			

**LAMPIRAN 3**  
**Dokumentasi Penelitian**

	
<b>Pengambilan sampel lumpur tinja</b>	<b>Analisis Amonium</b>
	
<b>Analisis COD</b>	<b>Analisis TSS</b>

	
<p><b>Analisis BOD<sub>5</sub></b></p>	<p><b>Pengambilan Sampel Filtrat</b></p>
	
<p><b>Analisis <i>Total coliforms</i></b></p>	<p><b>Analisis Laju Filtrasi</b></p>
	
<p><b>Pengukuran Suhu Lumpur</b></p>	<p><b>Pengukuran Intensitas Cahaya</b></p>

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir pada 04 Januari 1996 di Tulungagung. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2002-2008 di SDN Junjung 1. Setelah itu, dilanjutkan di SMPN 2 Tulungagung 2008-2011 dan SMAN 1 Kedungwaru pada tahun 2011-2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan ITS Surabaya pada tahun 2014-2018 yang terdaftar

dengan NRP 03211440000072.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif di dalam organisasi kemahasiswaan sebagai staf Kesejahteraan Mahasiswa periode 2015/2016 dan menjadi Kepala Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HMTL periode 2016/2017. Penulis juga pernah menjuarai LKTI SNOW yang diadakan oleh Departemen Teknik Fisika ITS pada tahun 2018. Selain itu, penulis juga aktif menjadi panitia di berbagai kegiatan HMTL maupun ITS dan aktif sebagai asisten praktikum di beberapa mata kuliah. Penulis dapat dihubungi via email [wulandwi91@gmail.com](mailto:wulandwi91@gmail.com).

